



UNIVERSIDADE DO MINHO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR

CURSO DE LICENCIATURA em ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANO LECTIVO 2017/2018 – 4º ANO

Tema: Viabilidade de produção de biogás através da valorização energética de resíduos avícolas

Autor: Victor Djon Dos Santos Rodrigues Zego, N.º 3512

Orientador: Mestre Susana Castro

Mindelo, 2018

UNIVERSIDADE DO MINDELO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR

CURSO DE LICENCIATURA em
ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANO LECTIVO 2017/2018 – 4º ANO

Viabilidade de produção de biogás através da valorização energética de
resíduos avícolas

AUTOR: Victor Djonh Dos Santos Rodrigues Zego, N.º 3512

ORIENTADOR: Mestre Susana Castro

Mindeló, 2018

Victor Djonh Dos Santos Rodrigues Zego

**Viabilidade de produção de biogás através da valorização energética de
resíduos avícolas**

Projeto do trabalho de conclusão do curso,
apresentado à Universidade do Mindelo
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Licenciatura em Engenharia em
Energias Renováveis.

Orientador:
Mestre Susana Castro

Mindelo, 2018

Sumário

A procura por energia têm-se mostrado cada vez maior e para suprir essa demanda é necessário procurar fontes alternativas de energia. As alterações climáticas são um dos problemas ambientais mais graves deste século, sendo que as suas causas são a libertação para a atmosfera de gases de efeito de estufa (GEE). Os GEE, como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e outros compostos azotados, advêm principalmente de atividades económicas do Homem, mas também fazem parte da constituição de dejetos animais.

No contexto da utilização de energias fósseis para produção de eletricidade e na confeição de alimentos, que acarreta custos e problemas ambientais surge oportunamente a possibilidade e capacidade de utilização de biomassa para a produção de biogás.

O presente trabalho tem como finalidade verificar a viabilidade da produção de biogás através da conversão energética dos dejetos do setor avícola. Pretende-se contribuir para a melhoria do estado do ambiente e ao mesmo tempo produzir uma energia limpa e renovável que possa ajudar na matriz energética nacional.

O projeto desenvolve-se na Indústria da Sociave, Cabo Verde -São Vicente, Ribeira de Julião, onde pretende aproveitar os dejetos das aves para produção de biogás e possível produção de energia elétrica, com fim de reduzir a tarifa elétrica da empresa.

Por conseguinte, este trabalho de fim de curso, pretende não só explorar uma fonte alternativa de energia a partir da biomassa existente em território nacional, mas também contribuir para fomentar quer academicamente, quer empresarialmente, o interesse por esta fonte de energia.

Palavras-chaves: biogás, digestão aeróbica, conversão energética, avicultura, biodigestor;

Abstract

The demand for energy have been shown to be increasing and to supply this demand it is necessary to look for alternative sources of energy. Climate change is one of the most serious environmental problems of this century, and their causes are the release into the atmosphere of greenhouse gases (GHG). The GHG, such as carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and other nitrogen compounds, derived primarily from economic activities of Man, but also part of the constitution of animal waste.

In the context of the use of fossil fuels for production of electricity and in the manufacture of foods, which results in costs and environmental problems it appearsthe possibility and ability of using of biomass for biogas production.

The present work has as purpose to verify the viability of the biogás production through the energy conversion of the dejections of the poultry section.. It is intended to contribute to the improvement of the state of the environment and at the same time produce a clean and renewable energy that can help in the national energy matrix.

The project is developing in the Industry of Sociave, Cape Verde - São Vicente, Ribeira de Julião, where it intends to take advantage of of the dejections of the birds for biogás production and possible electric power production, with end of reducing the electric tariff of the company.

Consequently, this work of course end, intends not only to explore an alternative source of energy starting from the existent biomass in national territory, but also to contribute to foment either academically, either entrepreneurial, the interest for this source of energy.

Key words: biogas, digestion aerobic, energy conversion, aviculture, biodigester;

Dedicatória

Este trabalho é o culminar de mais uma etapa académica, dedico especialmente aos meus queridos avós, Armando e Alice Zego e a minha amada mãe Maria Augusta Dos Santos que não poderão presenciar este feito que muito desejaram e apoiaram.

Agradecimentos

Neste momento conclusivo de uma jornada académica, que se alcança com o trabalho final, não posso deixar de agradecer a todos que me apoiaram. Um agradecer especial a toda minha família que serviu de base, aos meus docentes, colegas e toda a comunidade académica da universidade.

Especialmente agradeço ao meu pai e a minha irmã Mery Zego por serem meus guias e amparo mesmo estando longe, como também a todos meus irmãos. Pelo apoio incondicional, um obrigado ao meu padrinho Adriano Cabral que sempre me incentivou e me ajudou nessa caminhada, como também a minha tia Maria Pascoa e a toda família Rodrigues.

À orientadora Susana Castro um especial agradecimento pela paciência, e por se manter incansável sempre encorajando-me.

À empresa Sociave, na pessoa do Dr. João Santos um obrigado pela colaboração e disponibilidade. Ao Vlademiro Gomes um obrigado pela disponibilidade e disposição para facultar informações essenciais ao projeto.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta influenciaram este percurso académico um profundo obrigado.

Agradeço profundamente a todos por tudo, e muito obrigado!

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

Albert Einstein (1879-1955).

ÍNDICE

Sumário	v
Abstract	vi
Dedicatória	vii
Agradecimentos	viii
CAPÍTULO I	xvii
1-INTRODUÇÃO	1
1.1-Justificativa	2
1.2-Objectivos.....	2
1.2.1-Objetivo Geral	2
1.2.2-Objetivos Específicos.....	3
1.3-Contribuições Esperadas do Projeto	3
1.4-Metodologia	3
1.5-Estrutura do trabalho	3
CAPÍTULO II.....	5
2-ESTADO DA ARTE	6
2.1-O Sector da Energia em Cabo Verde	6
2.2-Situação Mundial da Avipecuária	7
2.2.1-Tendências da produção mundial de carne de frango em 2018	9
2.3-Situação da Avipecuária em Cabo Verde	11
2.4-Resíduos da Avipecuária	15
2.4.1- O resíduo cama de frango.....	15
2.3-Biogás	17

2.3.1-Conceito de biogás.....	17
2.3.2-Composição e Propriedades do Biogás.....	18
2.3.3-Produção de biogás	19
2.3.3.1-Digestão Anaeróbica	19
2.3.3.2-Vantagens e desvantagens do processo anaeróbica.....	22
2.3.3.3-Insumos agropecuários para produção de biogás	24
2.3.4.- Fatores que influenciam a atividade anaeróbia.....	25
2.3.4.1-Presença de Oxigênio	25
2.3.4.2-A Temperatura Ideal	26
2.3.4.3-Nutrientes	26
2.3.4.4-Teor de água	27
2.3.4.5-pH	27
2.3.5-Inibidores	28
2.4-Utilização do biogás.....	29
2.4.1-Vantagens e Desvantagens na utilização do biogás.....	31
2.5- Biodigestores	32
2.5.1-Modelos de Biodigestores.....	33
2.5.1.1-Modelo Indiano.....	33
2.5.1.2-Modelo Chinês	35
2.5.1.3-Modelo canadense (Fluxo Tubular).....	37
2.6.-Princípios básicos na escolha do biodigestor	40
2.6.1-Custos de construção dos diferentes biodigestores	43
2.6.1.2-Construção de biodigestor: modelo Canadense.....	43
2.6.1.3-Custos de construção dos biodigestores	43
2.7- Purificação e tratamento do biogás	45

2.8- Tecnologias de Conversão Energética de Biogás.....	47
2.8.1- Turbinas a gás	47
2.8.2-Turbinas de Ciclo <i>Brayton</i>	49
2.8.3-Microturbinas a gás	51
2.8.4-Motores de combustão interna.....	52
2.8.4.1-Motores Diesel	53
2.8.4.2-Motores Otto	54
2.9-Comparação entre as tecnologias disponíveis.....	55
CAPÍTULO III	57
3-ESTUDO DE CASO: SOCIAVE-PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	58
3.1-Apresentação da Empresa SOCIAVE, SARL	58
3.1.1-Objetivo	58
3.1.2-Missão e Valores	59
3.1.3-Produtos	59
3.1.4-Mercado	59
3.1.5-Principais gastos	60
3.1.6-Mercado que fornecem as matérias-primas e produtos	60
3.2-Localização.....	61
3.3- Dimensionamento	63
3.3.1-Quantidade de dejetos produzidos diariamente (QDPD).....	63
3.3.2- Dimensionamento do Biodigestor	63
3.3.2.1-Cálculo do Volume de Carga.....	63
3.3.2.1-Cálculo do Volume do biodigestor	64
3.3.2.2- Quantidade de Biogás (QB).....	64
3.3.2.3-Conversão Energética de Biogás	65

4-Discussão	65
5-Constrangimentos	66
6- Solução Proposta	67
6.1-Escolha do novo biodigestor	67
6.2-Quantidade de dejetos produzidos diariamente (QDPD)	67
6.3-Escolha do Biodigestor	67
6.3.1-Cálculo do Volume de Carga	67
6.3.2- Quantidade de Biogás (QB)	68
6.3.3- Conversão Energética de Biogás	68
6.3.4-Preço do biodigestor	68
6.3.5- Investimentos e Viabilidade Económica	69
6.3.6-Viabilidade social	69
6.4- Proposta do esquema da central	69
.....	70
7-Conclusão	71
8-Trabalhos Futuros	72
9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
10-ANEXOS	78
Anexo 1: Medidas de Segurança	78
Anexo 2: Medidas de Operacionalidade	81
Anexo 3: Descrição das Normas Internacionais	83
Anexo 4: Planta da Central	86
Anexo 5: Dados Técnicos da Unidade de Filtragem do Biogás	87
Anexo6: Dados Técnicos da Unidade de Dessulfurização Biológica	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia	22
Figura 2: Relação volume de biogás produzido e período de fermentação.....	25
Figura 3: Representação do Biodigestor: modelo Indiano	35
Figura 4: Representação de um biodigestor: modelo Chinês.	37
Figura 5: Esquema representativo do modelo de Biodigestor: Fluxo Tubular ou Canadense	39
Figura 6: Turbina a gás: circuito aberto-processo de combustão interna	48
Figura 7: Diagrama simplificado do ciclo de Brayton	49
Figura 8: Representação do Ciclo Brayton aberto e simples.....	50
Figura 9: Representação do Ciclo Brayton com cogeração.....	50
Figura 10: Esquema de Ciclo de ar-padrão ideal Brayton	51
Figura 11: Representação dos Componentes do sistema da microturbina	52
Figura 12: Funcionamento do motor Diesel.....	54
Figura 13: Desenho esquemático das etapas de funcionamento de um motor ciclo Otto	55
Figura 14: Esquema da central	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Produção e tendência nos principais países produtores	10
Tabela 2: Estimativa de produção (Unidade) de ovos (2012-2016).....	14
Tabela 3: Produção diária de dejetos por animal.....	16
Tabela 4: Valores de Conversão energética param alguns dejetos.....	17
Tabela 5: Composição do biogás	18
Tabela 6 : Poder calórico do biogás	19
Tabela 7: Exemplos de produção média diária de excrementos e biogás para diferentes animais	24

Tabela 8:Inibidores e a sua concentração tóxica em processo de digestão anaeróbica	29
Tabela 9:Quantidade de gás	31
Tabela 10: Custo de construção e de implantação de biodigestores modelos Indiano, Chinês e Canadense para diferentes capacidades.	45
Tabela 11:Processos de dessulfurização	46
Tabela 12: Comparação entre as várias tecnologias de conversão do biogás	56
Tabela 13:Principais Gastos	60

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1: Produção Mundial de Frango-Ano 2005 e 2015.....	7
Ilustração 2:Previsões de Produção Mundiais- 2016	8
Ilustração 3:Exportadores Mundiais	8
Ilustração 4:Importadores Mundiais.....	9
Ilustração 5:Estimativa da proporção do efetivo pecuário, por espécies	12
Ilustração 6: Estimativa do efetivo da avicultura	13
Ilustração 7:Estimativa de produção (em toneladas) de carne (2012-2016)	14
Ilustração 8: Imagem da Ilha de São Vicente	61
Ilustração 9: Imagem de Satélite da zona de Ribeira de Julão	62
Ilustração 10:Imagem da Entrada Principal da Sociave	62

LISTA DE ABREVIATURAS

- Digestão Anaeróbica (DA);
- Gases de efeito de estufa (GEE);
- Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM);
- Tempo de Retenção Hidráulica (TRH);
- Tempo de Retenção de Sólidos (TRS);
- Quantidade de dejetos produzidos diariamente (QDPD);
- Quantidade de Biogás (QB);

SÍMBOLOS QUÍMICOS

- CH₄-----Metano
- CO₂-----Dióxido de Carbono
- O₂-----Oxigénio
- N₂-----Azoto
- H₂S-----Gás Sulfídrico
- H₂O-----Água
- NH₄-----Sulfato de Amónio
- NO_x-----Óxidos Nitroso
- As-----Arsénio
- Ba-----Bário
- Cd-----Cádmio
- Cr-----Crómio
- Cu-----Cobre
- Hg-----Mercúrio
- Mo-----Molibdénio
- Ni-----Níquel
- Pb-----Chumbo
- Sb-----Antimónio
- Se-----Selénio
- Zn-----Zinco
- C-----Carbono
- H-----Hidrogénio
- N-----Azoto
- P-----Fósforo
- S-----Enxofre

CAPÍTULO I

Neste capítulo encontra-se a introdução ao tema, justificativa, objectivos e metodologia que se utiliza para garantir os objectivos.

1-INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, há uma necessidade maior da produção de alimentos e esse crescimento irá resultar obrigatoriamente numa maior produção de resíduos. Estes resíduos, de origem animal ou vegetal, constituem um problema, pois a sua conversão acarreta encargos financeiros e caso não sejam tratados a sua deposição no ambiente causa a sua deterioração.

Assim sendo surge a necessidade de encontrar soluções para a quantidade crescente de resíduos, sendo a produção de biogás uma alternativa viável. Assim a digestão anaeróbica mostra ser um procedimento eficaz na resolução do problema dos resíduos contribuindo ainda para o crescimento energético.

A digestão anaeróbia é um processo em que alguns microrganismos que atuam na ausência de oxigênio atacam a estrutura de materiais orgânicos complexos, produzindo compostos simples como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) (SANCHEZ et al., 2005). Um dos benefícios do processo, que logo contribuiu para um crescente interesse por esta tecnologia, reside na conversão da maior parte da carga poluente dos dejetos numa fonte energia: o biogás. O biogás é o nome comum dado à mistura gasosa produzido durante a biodegradação anaeróbia da matéria orgânica (RUIZ et al., 1992; CAMARERO et al., 1996; GARBA, 1996; LASTELLA et al., 2002; YADVIKA et al., 2004).

Dependendo da tecnologia de produção, o biogás poderá ter diferentes quantidades dos seus gases constituintes. No entanto, de uma forma geral é constituído por, metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de oxigênio (O_2), azoto (N_2), ácido sulfúrico (H_2S), etc. (RUIZ et al, 1992).

Na produção de alimentos de origem animal, os dejetos, quando lançados diretamente no ambiente, serão fonte de contaminação do solo, do ar e da água, podendo acarretar doenças aos animais e ao homem.

Nesse contexto surge esse projeto para valorizar os resíduos e incrementar a matriz energética do país.

1.1-Justificativa

No contexto da utilização de energias fósseis para produção de eletricidade e na confeição de alimentos, que acarreta custos e problemas ambientais surge oportunamente a possibilidade e capacidade de utilização de biomassa para a produção de uma energia mais limpa, biogás.

Um dos incentivos na escolha do tema é a possibilidade de dar um fim mais sustentável aos resíduos e melhorar a saúde pública não os deixando a céu aberto.

Além de todos os aspetos ambientais positivos que acarreta, com o projeto pretende-se despertar o meio académico para a utilização de biomassa vegetal ou resíduos agropecuários na conversão energética.

1.2-Objectivos

1.2.1-Objetivo Geral

- O objetivo geral é verificar a viabilidade da conversão energética de dejetos da avicultura em biogás;

1.2.2-Objetivos Específicos

- Descrever o processo de produção de biogás;
- Conhecer as diferentes alternativas de aproveitamento do biogás;
- Realizar uma estimativa de produção de biogás a partir dos dejetos de uma empresa de avicultura;
- Projetar um biodigestor para a empresa de avicultura;

1.3-Contribuições Esperadas do Projeto

Este projeto pretende contribuir para incrementar o interesse nas energias renováveis, nomeadamente, no recurso à valorização da biomassa proveniente de resíduos da agropecuária

1.4-Metodologia

Na análise da temática proposta, este projeto tem como base uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir de materiais publicadas tais como: livros, artigos e teses obtidas na internet em formatos PDF, para dar sustentabilidade a pesquisa e para ajudar a compreender os principais conceitos. Inicialmente pretende-se estudar os dejetos a utilizar no projeto e dimensionar um biodigestor para converter os dejetos em biogás. Os resíduos da digestão anaeróbica poderão ainda ser valorizados como biofertilizantes.

1.5-Estrutura do trabalho

O trabalho encontra-se estruturado em três capítulos gerais: introdução, revisão literária e estudo de caso.

O primeiro capítulo contém uma primeira abordagem ao trabalho. Apresenta a escolha do tema, os seus objetivos, a metodologia selecionada e a estrutura.

No segundo capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica que irá sustentar o desenvolvimento do caso de estudo.

O terceiro capítulo expõe o caso de estudo, os cálculos relativos à produção de biogás e ao dimensionamento do biodigestor.

CAPÍTULO II

Este segundo capítulo contém uma revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados neste trabalho.

2-ESTADO DA ARTE

2.1-O Sector da Energia em Cabo Verde

Segundo o Ministério da Economia Crescimento e Competitividade, a energia constitui um dos sectores estratégicos em qualquer plano ou programa de desenvolvimento sustentado. Todavia, em países de economia frágil, como é o caso de Cabo Verde, o abastecimento em energia exerce uma pressão considerável sobre a sua estabilidade macroeconómica e os recursos ambientais. Efetivamente, em Cabo Verde, país extremamente carente em energia primária, a fatura resultante da importação de combustíveis absorve consideráveis recursos financeiros que poderiam ser direccionados para investimentos produtivos.

O sector energético em Cabo Verde é caracterizado pelo consumo de combustível fóssil (derivados do petróleo), biomassa (lenha) e utilização de energias renováveis, nomeadamente a energia eólica. O consumo de combustível fóssil é constituído pelos derivados do petróleo, a saber: a gasolina, o gasóleo, o *fuel* óleo, o Jet A1, o gás butano e os lubrificantes. O consumo da biomassa é basicamente constituído pela lenha utilizada nas zonas rurais e periferias das cidades para a confeção de alimentos. A energia renovável, nomeadamente a eólica, embora represente ainda uma pequena percentagem do total de energia consumida, é utilizada principalmente na produção da eletricidade.

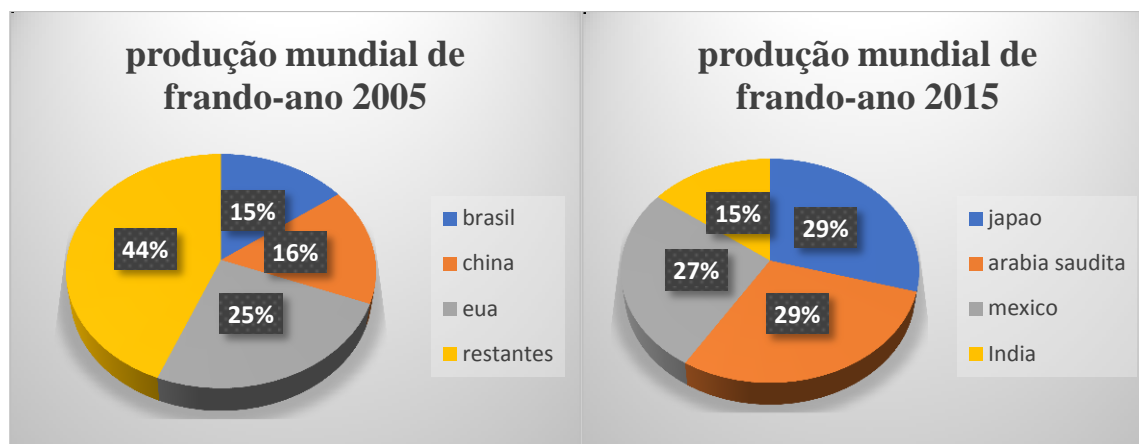
Relativamente à energia elétrica, esta é produzida essencialmente a partir de centrais térmicas utilizando o *diesel* e o *fuel* óleo (*fuel* 180 e 380). Cabo Verde reexporta uma parte dos combustíveis fósseis importados (Jet A1 para a aviação e gasóleo para os transportes marítimos), mas uma grande parte é destinada ao consumo interno, essencialmente para os transportes e produção de eletricidade e água dessalinizada. O combustível com maior peso no consumo interno é o gasóleo, que representa cerca de 41 %, seguido da lenha outra biomassa e do *fuel* com 19,4% e 16% respetivamente.

A produção de água dessalinizada está diretamente ligada à produção de energia elétrica e consome cerca de 10% da energia elétrica produzida em Cabo Verde.

2.2-Situação Mundial da Avicultura

Entre 2005 e 2015 produção mundial aumentou pouco mais de 40%. Porém, no trio de produtores líderes – EUA, China e Brasil – só este último registrou expansão acima da média. Entre os três maiores produtores Brasil registra uma considerável expansão, cujo volume produzido se expandiu a uma média pouco superior a 3,5 % ao ano (AVISITE,2016).

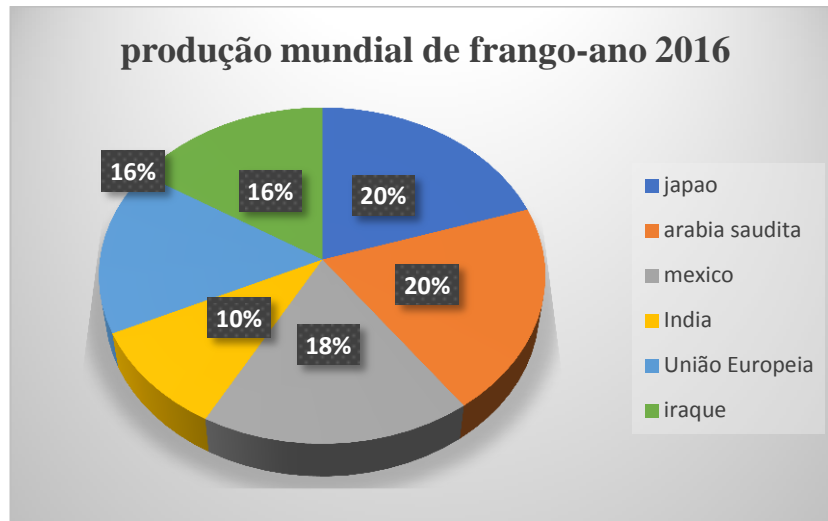
Ilustração 1: Produção Mundial de Frango-Ano 2005 e 2015



Fonte: AviSite,2016

Se 2015 não foi um ano de resultados excepcionais – produção mundial aumentando apenas 1,61% pelos resultados preliminares do USDA – 2016 corre o risco de ser exatamente igual. Porque o sinalizado é uma expansão similar à de 2015, com uma diferença de apenas 0,03 ponto percentual. Para baixo, ou seja, 1,58%. Para finalizar, uma curiosidade. Pelas previsões do USDA, em 2016 a produção mundial terá, em relação a 2014, um adicional de 2,787 milhões de toneladas de carne de frango. Pois bem: cerca de 60% desse volume sairão de quatro países integrantes dos BRICS – Brasil, Rússia, Índia e China.

Ilustração 2:Previsões de Produção Mundiais- 2016



Fonte: Adaptado de AviSite,2016

Para o USDA, 2015 deve terminar com uma redução de mais de 2% nas exportações mundiais de carne de frango. Mas no ano que vem elas se recuperam e aumentam perto de 4,5% - o que não chega a ser muito estimulante, pois irá representar aumento de apenas 2% no biênio 2015/2016.

Ilustração 3:Exportadores Mundiais



Fonte: AviSite,2016

Embora preveja que as exportações aumentarão cerca de 4,5%, o USDA estima que o comércio mundial de carne de frango de 2016 sob o aspecto importador ficará quase estagnado e não será muito diferente do registrado em 2015, já que a previsão é de um

aumento de apenas 0,63%. É verdade que, entre os 10 principais importadores, há outros países nos quais o USDA vislumbra potencial para aumentar significativamente as compras internas. Finalizando, é oportuno considerar que, na qualidade de segundo maior produtor mundial e primeiro exportador mundial de carne de frango, só o Brasil tem condições de atender os eventuais aumentos da demanda internacional.

Ilustração 4: Importadores Mundiais



Fonte: AviSite, 2016

2.2.1-Tendências da produção mundial de carne de frango em 2018

As primeiras projeções do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) sobre as tendências da carne de frango em 2018 sugerem que a produção mundial deve aumentar 1,2%, mesmo índice de evolução anual previsto para 2017.

O Brasil – prevê o USDA – deve ter desempenho ligeiramente melhor. A produção de 2017 deve crescer pouco mais de 2,6%, enquanto a projeção para 2018 sugere expansão de 2,26% em relação a 2017. O que dá um incremento de quase 5% em comparação a 2016.

Pelos números do USDA observa-se que os quatro primeiros produtores – EUA, Brasil, União Europeia (UE) e China, na verdade um conglomerado de 31 países, 28 deles integrantes da UE – são responsáveis por mais de 60% da produção mundial.

Mas o que chama a atenção nas novas projeções é a perspectiva de a produção chinesa recuar também no ano que vem. E se isso ocorrer e os números do USDA se confirmarem, o volume de carne de frango produzido pela China será cerca de 18% menor que o registrado em 2015, ano em que foi atingida a marca recorde do país – 13,4 milhões de toneladas.

Em função desse desempenho, o Brasil – cuja produção anual supera a da China desde o ano passado – consolida-se ainda mais como segundo produtor mundial de carne de frango.

Da análise realizada apresenta o resumo na seguinte tabela com valores que representam a produção efetiva e tendências nos principais países produtores dos dois últimos anos e a primeira projeção de 2018.

Tabela 1: Produção e tendência nos principais países produtores

CARNE DE FRANGO Produção efetiva e tendências nos principais países produtores 2016, 2017 (preliminar) e 2018 (1ª projeção) MILHÕES DE TONELADAS							
PAIS PRODUTOR	2016	2017	2018	VARIAÇÃO			% DO TOTAL EM 2017
				2017/16	2018/17	2018/16	
➤ EUA	18,261	18,596	18,970	1,83%	2,01%	3,88%	20,62%
➤ Brasil	12,910	13,25	13,550	2,63%	2,26%	4,96%	14,69%
➤ União Europeia	11,533	11,700	11,880	1,45%	1,54%	3,01%	12,97%
➤ China	12,300	11,600	11,000	-5,69%	-5,17%	-10,57%	12,86%
➤ Índia	4,200	4,400	4,600	4,76%	4,55%	9,52%	4,88%
➤ Rússia	3,730	3,870	3,910	3,75%	1,03%	4,83%	4,29%
➤ México	3,275	3,400	3,500	3,82%	2,94%	6,87%	3,77%
➤ Argentina	2,055	2,086	2,110	1,51%	1,15%	2,68%	2,31%
➤ Tailândia	1,780	1,900	1,990	6,74%	4,74%	11,80%	2,11%
➤ Turquia	1,900	1,950	1,975	2,63%	1,28%	3,95%	2,16%
➤ Subtotal	71,944	72,752	73,485	1,12%	1,01%	2,14%	80,68%
➤ Demais	17,154	17,423	17,793	1,57%	2,12%	3,73%	19,32%
➤ TOTAL	89,098	90,175	91,278	1,21%	1,22%	2,45%	100,0%

Fonte: AviSite, 2016

2.3-Situação da Avicultura em Cabo Verde

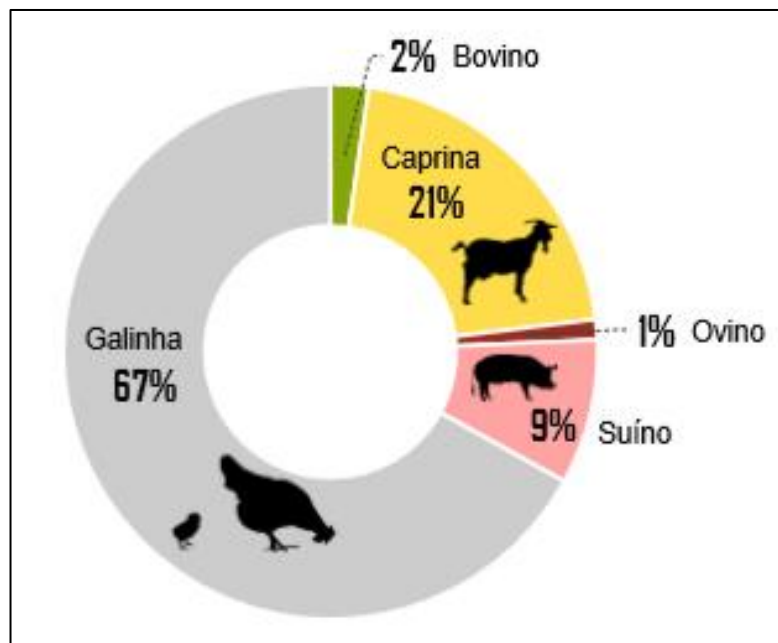
Segundo COSTA.C *et alli*, 2012:

As explorações avícolas continuam maioritariamente tradicionais, mas a avicultura intensiva (carne e ovos) conheceu uma grande expansão, até à década de noventa. No entanto, a avicultura semi-intensiva e intensiva sofreu uma grande decadência nos últimos anos devido a concorrência de frangos e peças de frangos importados massivamente. Da consulta dos dados de importação de frango inteiro ou peças de frango publicados pelo INE constata-se que em 2001 atingiam as 30T para frangos inteiros e 2 264T peças de frango. No mesmo período o consumo médio anual de carne de frango era estimado em cerca de 2359T/ano, com base num consumo *per capita* anual de 5,2Kg/pessoa/ano (IDRF2001/02). Em 2011 as importações de carne de frango triplicaram relativamente a 2001, atingindo as 7014 T entre frangos inteiros e peças e miudezas de frango. O aumento da população, os preços relativamente baixos destes produtos e mudança nos hábitos alimentares explicam os volumes de importação destes produtos.

O Instituto Nacional de Estatísticas (INE) publica no anuário estatístico de Cabo Verde referente ao ano de 2016 a situação do sector da avicultura desde 2012 até 2016.

Relativamente à estimativa da produção de carnes, esta vem conhecendo uma evolução positiva nos últimos anos, embora seja muito condicionada pelas flutuações das disponibilidades forrageiras, no caso dos ruminantes, e ainda pela ocorrência dos episódios de peste suína africana, no caso dos suínos.

Ilustração 5: Estimativa da proporção do efetivo pecuário, por espécies



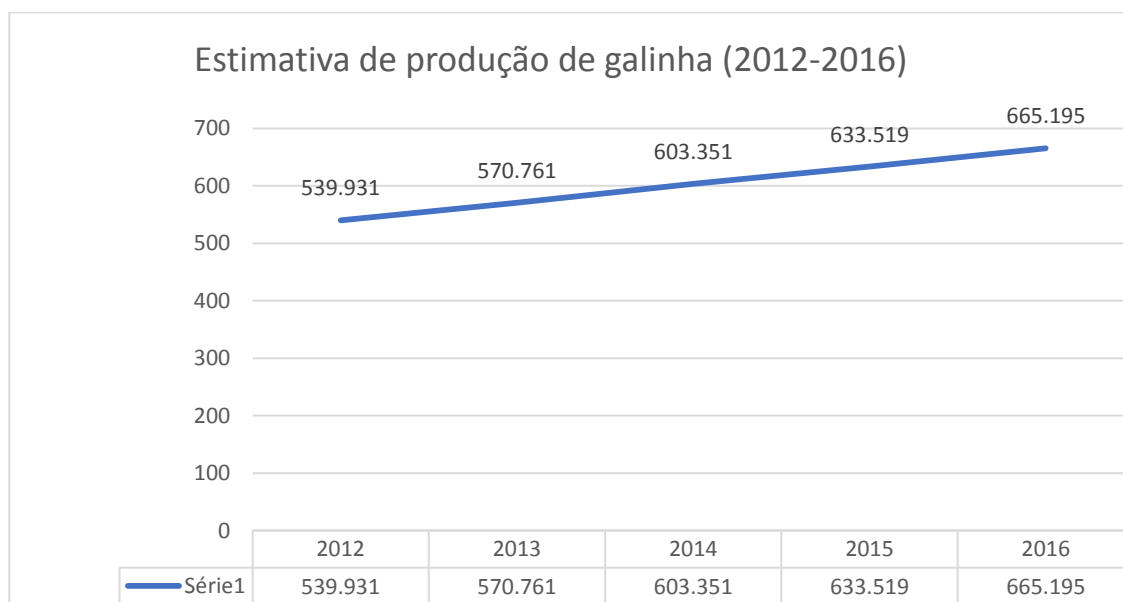
Fonte: INE, 2016

A predominância do setor avípecuario é expresso na ilustração acima, onde 67% do setor da pecuária é preenchido pela avípecuaria, o que representa um crescimento de 25% desde 2008 segundo a estimativa da INE.

O setor avípecuaria tem mostrado um crescimento significativo devido ao alargamento do setor, desde produtores tradicionais (familiares) a grandes produtores como é o caso da Sociave, Sarl e Agropec.Lda. no Mindelo.

A tabela abaixo mostra o crescimento na avicultura, com um total de três milhões e doze mil e setecentos e cinquenta e sete galinhas entre os anos de 2012-2016.

Ilustração 6: Estimativa do efetivo da avicultura

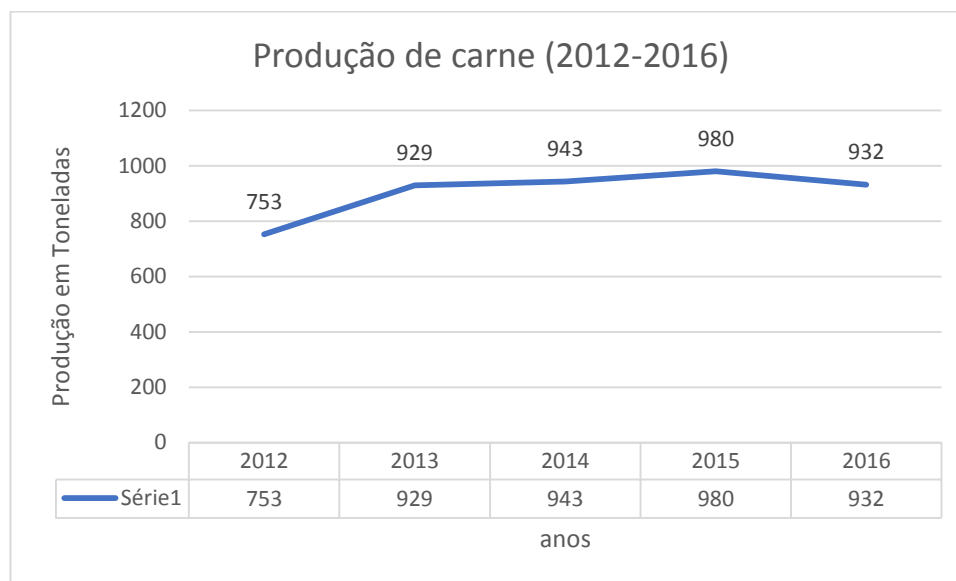


Fonte: Adaptado de INE, 2016

A produção de carne de frango mostra um aumento em cerca de 24%, entre 2012 e 2016. No entanto, registou-se uma descida, de 2015 para 2016, em cerca de 5%, devido, essencialmente, a uma diminuição da produção de carne de frango na avicultura intensiva.

A estimativa da produção é positiva entre os anos referidos na ilustração abaixo, com uma produção total de quatro mil e quinhentos e trinta e sete toneladas de carne.

Ilustração 7: Estimativa de produção (em toneladas) de carne (2012-2016)



Fonte: Adaptado de INE,2016

Quanto à estimativa da produção anual de ovos, verificou-se uma produção média anual de cerca de 47 milhões de ovos, tendo a de 2016 atingido perto de 54,6 milhões. De 2012 a 2016, a produção aumentou cerca de 14,8%.

Tabela 2: Estimativa de produção (Unidade) de ovos (2012-2016)

	2012	2013	2014	2015	2016
Ovos	47 501 580	45 992 694	42 233 489	45 171 615	54 556 194

Fonte: INE,2016

2.4-Resíduos da Avicultura

2.4.1- O resíduo cama de frango¹

O setor avícola, como setor em constante crescimento está associado à produção de elevadas quantidades de resíduos sólidos orgânicos. A crescente taxa de produção de resíduos avícolas leva à necessidade de lhes dar um destino adequado podendo a valorização orgânica, nomeadamente a digestão anaeróbica, ser uma opção. (OLIVEIRA,2015, adaptado)

Para a cama de aviário faz-se uso dos mais variados materiais absorventes, podendo ser usada palha cortada, serradura, casca de amendoim, casca de arroz, sabugo de milho picado, entre outros, a escolha está relacionada essencialmente com a disponibilidade do material na zona de produção (INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION, 2007; SANCHES, 2007).

O estrume ou cama é um dos resíduos produzidos em maior escala no setor avícola e como já foi mencionado a ocorrência de estrume ou cama, acontece de acordo com o tipo de infraestrutura, o tipo de produção e as técnicas utilizadas. Em qualquer uma das situações este é um material rico em carbono (C), azoto (N) e fósforo (P), pelo que é de grande interesse não perder estes nutrientes em destinos como a deposição em aterro (OLIVEIRA,2015).

A aplicação da cama de aviário diretamente no solo terá sido prática recorrente, no entanto procedimentos como este poderão levar à contaminação de solos e meios aquáticos, em

¹ Cama de frango é o nome atribuído ao material recolhido nas instalações de criação de aves e consiste essencialmente no material utilizado no piso das instalações e dejetos dos animais, podendo ainda haver presença de penas, água e resíduos da alimentação.

quantidades muito superiores à capacidade de depuração dos meios recetores (SANCHES, 2007).

Em alternativa é possível proceder a uma alteração controlada e correta deste material no sentido de produzir um produto final mais estável e ainda assim rico em nutrientes, isto é, pode optar-se pela compostagem ou ainda pela digestão anaeróbia (SANCHES, 2007).

Considerando-se que 1 MWh (=1000kWh) equivalem a 94,962 metros cúbicos de CH₄, assim cada kWh vale $94,962/1000 = 0,094962$ metros cúbicos de CH₄. Ou seja, 1 metro cúbico de CH₄ é igual $1000/94,962 = 10,5305$ kWh (MACEDO, 2008). Dessa forma, aplicando os valores padrões anteriormente estabelecidos, obtêm-se um total de 21.728,907 kWh mês⁻¹ de energia (DOS SANTOS. E ET ALL, 2013).

De Nardi *et al* apresenta uma tabela onde a quantidade de dejetos por dia em função do tipo de animal.

Tabela 3:Produção diária de dejetos por animal

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (em kg por dia)
Bovinos	10,00
Suínos	2,25
Aviários	0,18
Equinos	10,00

Fonte: De Nardi *et al* (2003)

A conversão energética dos vários dejetos é citada por DOS SANTOS.E *et al* (2013), bem como o cálculo da quantidade do metano.

Tabela 4: Valores de Conversão energética param alguns dejetos

Origem do Material	Kg de esterco (dia.unidade geradora)⁻¹	Kg de biogás Kg de esterco⁻¹	Concentração de Metano
Suíno	2,25	0,062	66%
Bovinos	10	0,037	60%
Equinos	12	0,048	60%
Aves	0,18	0,055	60%
Abatedouro (Kg)	1	0,1	55%
Vinhoto (Kg)	1	0,018	60%

Fonte: Dos Santos. E et all (2013)

2.3-Biogás

2.3.1-Conceito de biogás

O biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida através da digestão anaeróbica, ou seja, pela biodegradação da matéria orgânica, pela ação de bactérias na ausência de oxigénio (FREIRE,2003).

O biogás tem origem num processo biológico. A matéria orgânica, quando decomposta em meio anaeróbio (ausência de oxigénio), origina uma mistura gasosa chamada de biogás. Esse processo é muito comum na natureza e ocorre, por exemplo, em pântanos, fundos de lagos, esterqueiras e no rúmen de animais ruminantes (YOKOYAMA, 2008).

A mistura gasosa, biogás, formada é composta principalmente de metano (50% - 75% em volume) e dióxido de carbono (25% 50% em volume). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogénio, sulfeto de hidrogénio, amoníaco e outros gases. A sua composição é influenciada principalmente pelos substratos utilizados, pela técnica de fermentação e pelas diferentes tecnologias de construção (YOKOYAMA, 2008).

2.3.2-Composição e Propriedades do Biogás

- O Biogás é uma mistura gasosa composta principalmente por:

Tabela 5: Composição do biogás

COMPOSTOS	QUANTIDADES
Metano	55 a 66 % do volume de gás produzido
Dióxido de Carbono	35 a 45 % do volume de gás produzido
Nitrogénio	0 a 3 % do volume de gás produzido
Oxigénio	0 a 1 % do volume de gás produzido
Hidrogénio	0 a 1 % do volume de gás produzido
Sulfureto de Hidrogénio	0 a 3 % do volume de gás produzido

Fonte: Freire, F,2003

- O poder calorífico do Biogás é aproximadamente 21600 kJ/m³
- O principal componente do Biogás, quando usado como combustível é o metano (CH₄).
- O metano, não tem cheiro, cor ou sabor, mas outros gases presentes, conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre.
- Apresenta menor perigo de explosão – NÃO TÓXICO.
- A densidade do metano é pouco mais de metade do peso do ar. ($\rho = 0,72 \text{ kg/m}^3$)
- Fonte de energia alternativa e renovável.

Na seguinte tabela pode ver o poder calorífico do biogás relativamente aos vários insumos energéticos.

Tabela 6 : Poder calorífico do biogás

Insumo energético	Em Joules/ cm ³	Em kcal/ m ³
Gás natural	39 – 81	9.300 a 9.400
Carvão	17 – 18	4.000 a 4.400
Biogás (CH ₄)	21 – 28	5.000 a 6.600
Metano	33 – 40	8.000 a 9.400
Propano	81 – 96	19.400 a 23.000
Lenha	-	3.000 a 3.300
Bagaço de cana	-	2.000 a 2.300

1 m³ de metano / 1 m³ de ar = 0,716 kg / 1,293 kg = 0,554 kg

Fonte: Da Costa (2011)

2.3.3-Produção de biogás

2.3.3.1-Digestão Anaeróbica

O processo biológico para produção de biogás ocorre na ausência de oxigénio molecular, no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos interage estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando, principalmente, nos gases metano e dióxido de carbono (FORESTI *et al.*, 1999).

A digestão anaeróbia geralmente é dividida em três fases, hidrólise, acidogénese e metanogénese. Porém, há autores que a dividem em quatro fases, acrescentando a acetogénese, fase intermediária entre a acidogénese e a metanogénese (CAMARERO *et al.*, 1996; SINGH e SINGH, 1996; STERLING *et al.*, 2001). Há ainda quem divida o processo nas fases de hidrólise, acetogénese e metanogénese (SHARMA *et al.* 2000).

Os microrganismos que participam do processo de decomposição anaeróbia podem ser divididos em três grupos de bactérias, com comportamentos fisiológicos distintos (CHERNICHARO, 2000):

- ***Bactérias Fermentativas***: transformam, por hidrólise, polímeros em monômeros, e estes, em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos, como glicose.
- ***Bactérias Acetogênicas***: convertem os produtos gerados pelas bactérias fermentativas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono.
- ***Bactérias Metanogênicas***: utilizam como substrato os produtos finais do segundo grupo. Algumas usam o acetato, transformando-o em metano e dióxido de carbono, enquanto outras produzem metano através da redução do dióxido de carbono.

De acordo com CHERNICHARO, (2000) a bioquímica do processo de digestão anaeróbia divide-se em quatro fases principais, conforme apresentadas abaixo.

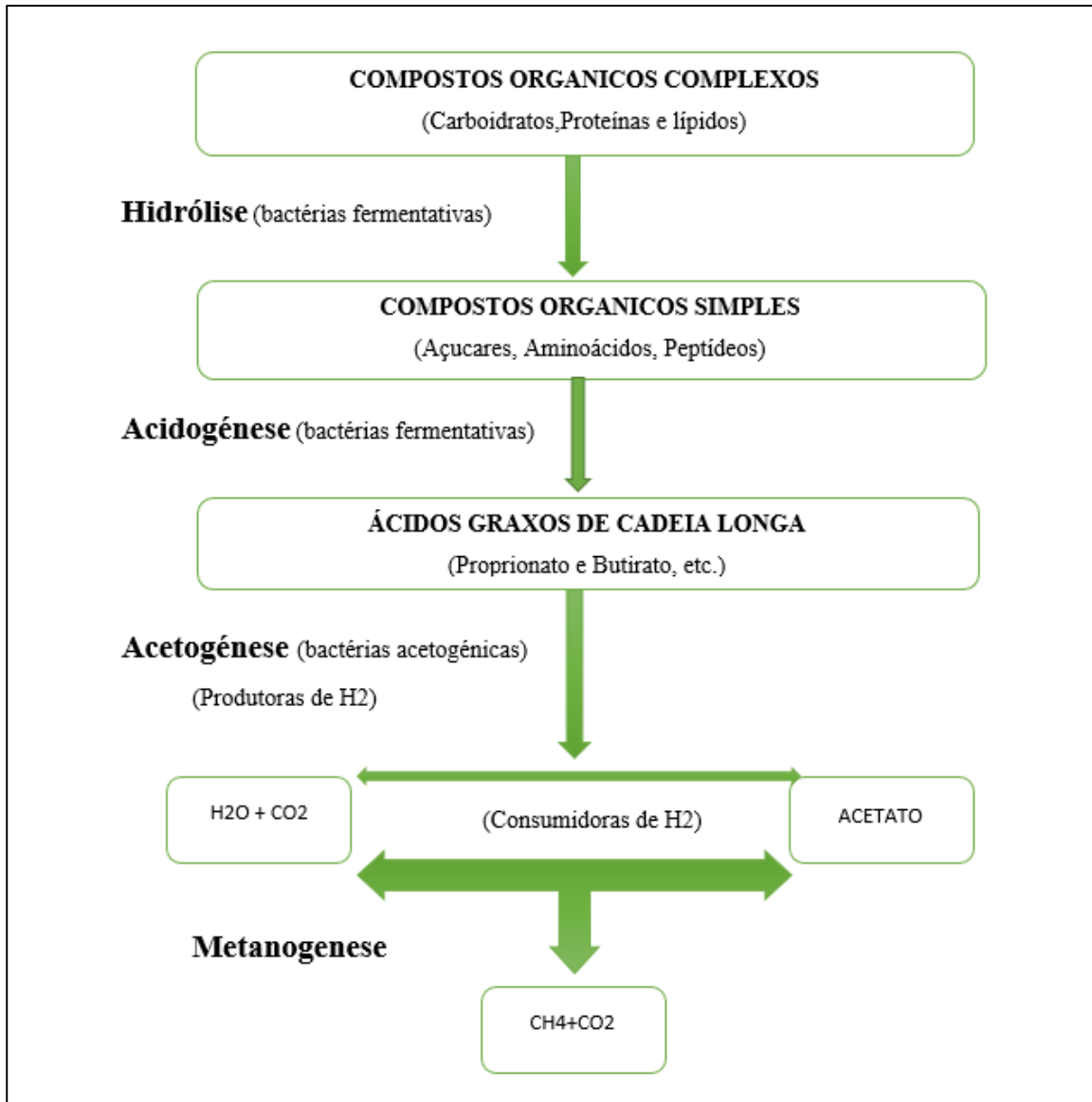
1- Hidrólise: conversão de materiais particulados em materiais dissolvidos mais simples pela ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. Essa fase é lenta e pode ser afetada por diversos fatores.

2-Acidogénese: os produtos da hidrólise são metabolizados no interior das células das bactérias fermentativas, sendo convertidas em compostos mais simples, como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido lático, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. Como os ácidos graxos voláteis são os principais produtos dos organismos fermentativos, estes são chamados bactérias fermentativas acidogênicas. A maioria das bactérias acidogênicas é anaeróbia estrita, mas cerca de 1% consiste de bactérias facultativas, que produzem alimento para as bactérias anaeróbias, e eliminam quaisquer traços de oxigênio dissolvido que tenha permanecido no material orgânico.

3-Acetogénese: As bactérias acetogénicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogénica em substrato apropriado para as bactérias metanogénicas. Dessa forma, as bactérias acetogénicas fazem parte de um grupo metabólico intermediário que produz substrato para as metanogénicas. Os produtos gerados pelas bactérias acetogénicas são o hidrogénio, o dióxido de carbono e o acetato. Durante a formação dos ácidos acético e propiónico, uma grande quantidade de hidrogénio é formada, fazendo com que o valor do pH no meio aquoso decresça. De todos os produtos metabolizados pelas bactérias acidogénicas, apenas o hidrogénio e o acetato podem ser utilizados diretamente pelas metanogénicas. Porém pelo menos 50% da DQO biodegradável é convertida em propianato e butirato, os quais são posteriormente decompostos em acetato e hidrogénio pela ação das bactérias acetogénicas.

4-Metanogénese: etapa final do processo global de degradação anaeróbia de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono; é efetuada pelas bactérias metanogénicas. As bactérias metanogénicas utilizam apenas um limitado número de substratos, compreendendo ácido acético, hidrogénio/dióxido de carbono, ácido fórmico, metanol, metilaminas e monóxido de carbono. Elas são divididas em dois grupos principais: um que forma metano a partir de ácido acético ou metanol (bactérias acetoclásticas, responsáveis por 60-70% de toda a produção de metano a partir do grupo metil do ácido acético), e o segundo que produz metano a partir do hidrogénio e dióxido de carbono (hidrogenotróficas, constituída por uma gama bem mais ampla de espécies do que as acetoclásticas). Esses dois grupos de bactérias são responsáveis pelo consumo de hidrogénio das fases anteriores.

Figura 1: Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia



Fonte: Adaptado de Lucas Júnior (2009)

2.3.3.2-Vantagens e desvantagens do processo anaeróbica

Como cita DA COSTA.R, 2011 as principais vantagens dos processos anaeróbios são:

1) Produção lodo muito baixa (cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios);

2) Não há consumo de energia elétrica, uma vez que dispensa, por exemplo, o uso de bombas, compressores, válvulas solenoides e painéis elétricos;

3) A área ocupada é relativamente pequena, reduzindo desta forma os custos de implementação;

4) Produção de metano, um gás combustível de elevado teor calorífico;

5) Possibilidade de preservação da biomassa (colônia de bactérias anaeróbias) durante vários meses sem alimentação do reator, ou seja, a colônia de bactérias entra num estágio de endogenia, sendo reativada a partir de novas contribuições. É importante salientar que, contrariamente ao processo anaeróbio, nos processos aeróbios, onde as bactérias dependem do oxigênio que é injetado através de ventiladores ou compressores, a falta de energia elétrica ou avaria de motor coloca todo o sistema em colapso uma vez que, não havendo oxigênio, perde-se todo o campo biológico (morrem todas as bactérias aeróbias);

Segundo AMARAL (2004) e RODRIGUES (2010), a digestão anaeróbica tem aumentado nos últimos anos, sendo uma alternativa para o tratamento de resíduos provenientes da agropecuária e da agroindústria, por apresentar vantagens relativas a custos de implantação e simplicidade do processo quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbico de águas residuárias ou aos processos convencionais de compostagem de resíduos orgânicos sólidos.

As principais desvantagens dos processos anaeróbios apontadas por DA COSTA, R, 2011 são:

1) As bactérias anaeróbias são suscetíveis à inibição;

2) O “*Start-up*” ou partida do processo pode ser lento;

3) É necessário o tratamento do efluente;

4) A bioquímica e a microbiologia do processo são complexas;

5) Pode ocorrer produção de maus odores;

6) O efluente após o tratamento anaeróbio apresenta um aspeto desagradável;

7) Não há uma remoção significativa do fósforo e do nitrogênio;

2.3.3.3-Insumos agropecuários para produção de biogás

A tabela representada abaixo pode verificar-se a produção média diária de excrementos e biogás para diferentes tipos de animais.

Tabela 7: Exemplos de produção média diária de excrementos e biogás para diferentes animais

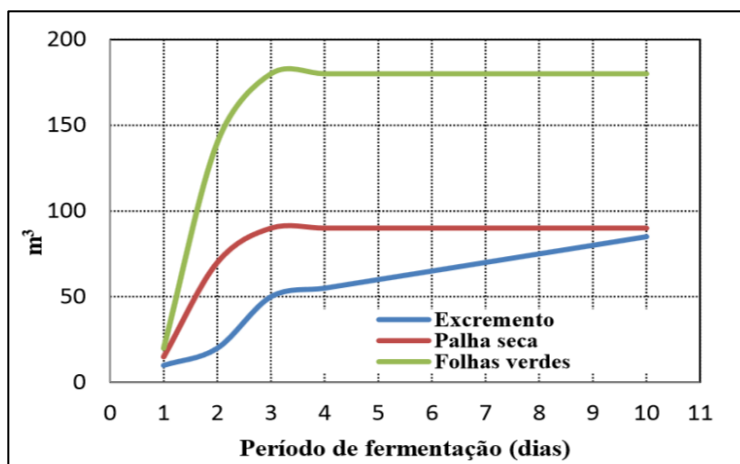
Substrato	Quantidade (kg)	Biogás (m ³)
Esterco fresco de bovino	10	0,40
Esterco seco de galinha	01	0,43
Esterco se de suíno	01	0,35
Resíduo Vegetal seco	01	0,40
Resíduo de frigorífico	01	0,07
Lixo	01	0,05

Fonte: Da Costa. R, 2011

De acordo com o resíduo orgânico utilizado assim influencia o tempo de fermentação e obtenção do gás produzido.

A figura apresenta mais três exemplos nos quais se relacionam alguns aspetos referidos anteriormente. Para três matérias orgânicas diferentes está representado o volume de biogás produzido por kg de matéria em função de vários períodos de fermentação.

Figura 2: Relação volume de biogás produzido e período de fermentação



Fonte: Da Costa. R, 2011

2.3.4.- Fatores que influenciam a atividade anaeróbia

2.3.4.1-Presença de Oxigênio

Conforme AMARAL *et al.* (2004), o oxigênio é letal para as arqueobactérias anaeróbicas, portanto, com a presença do O₂ elas paralisam o seu metabolismo e deixam de se desenvolver, com isso, ocorre a paralisação da produção do CH₄ (metano) que é um gás rico em energia química que é o principal fornecedor de energia para o biogás, no caso de presença de oxigênio, tem-se as bactérias aeróbicas que utilizam o oxigênio como respiração e, liberam o gás carbônico, sendo assim tem-se um gás rico em CO₂, que já está totalmente oxidado e não pode ser utilizado como queima. Assim, o biodigestor deve assegurar uma completa hermeticidade que cause uma completa falta de oxigênio em seu interior, isto é, a completa anaerobiose do ambiente necessária para o metabolismo das bactérias anaeróbicas.

2.3.4.2-A Temperatura Ideal

A temperatura no interior do biodigestor é um fator importante para o processo de degradação biológica, produção de biogás e de biofertilizante. Deve-se procurar sempre manter a temperatura em torno de 35 °C, sendo esta a ótima temperatura para a biodigestão. Torna-se necessário um controle da temperatura para obtenção do biogás, já que alterações bruscas na temperatura, prejudicam os microrganismos anaeróbicos e consequentemente a produção do gás. Para a existência das arqueias anaeróbicas é preciso que haja uma temperatura entre 10°C e 60°C. Excedendo esses limites, elas entram em cristalização e é interrompida a produção de gás. As faixas de temperatura associadas com o crescimento microbiano no processo podem ser classificadas como:

- Criofílicas ou psicofílicas: < 20 °C;
- Mesofílicas: 20 °C a 45 °C;
- Termofílicas: > 45 °C.

A biodigestão termofílica (40 a 60 °C) é caracterizada como a mais problemática e sensível quanto às variações da temperatura devido à vulnerabilidade das bactérias metanogénicas, entretanto é a que mais elimina microrganismos patogênicos dos materiais utilizados no tratamento devido às altas temperaturas, considerando que fazer uso somente de temperaturas mesofílicas (de 20 a 40 °C) não terá eficiência neste quesito, embora sejam mais confiáveis no quesito controle de temperatura (SOARES, 1990; LUSTE; LUOSTARINEN, 2010).

2.3.4.3-Nutrientes

Segundo PINTO (1999) a composição dos dejetos a serem tratados tem uma relação direta com a produção de biogás, quanto maior a quantidade de sólidos orgânicos, com disponibilidade de fosfatos, nitratos e sulfatos, haverá maior produção de biogás. Os

principais nutrientes dos microrganismos são o carbono, nitrogênio e sais minerais. Fontes ricas de nitrogênio são os dejetos de animais (inclusive seres humanos), que sob a forma de proteína é favorável, pois a mineralização conduz à amônia, que é útil no estabelecimento da alcalinidade. Fontes ricas de carbono são os restos de culturas vegetais. Os sais minerais presentes nos dejetos animais e resíduos vegetais são suficientes para a nutrição mineral das bactérias. No entanto, se não houver um adequado equilíbrio de compostos de carbono (que fornecem a energia) e de compostos nitrogenados (que fornecem o nitrogênio) não ocorrerá uma eficiente produção de biogás. As bactérias metanogénicas se nutrem de qualquer tipo de matéria orgânica, não exigem substâncias ou materiais específicos no processo de digestão, sendo uma grande vantagem para esse processo anaeróbico.

2.3.4.4-Teor de água

Segundo OLIVEIRA (2004), a falta ou o excesso de água prejudica o processo de digestão anaeróbia, devendo estar em torno de 90% de umidade em relação ao peso dos dejetos produzidos. O teor de água varia de acordo com os dejetos, de bovinos possuem em média 84% de umidade precisa ser diluído em 100% de seu peso em água, de suínos com 19% de umidade precisa de 130% de seu peso em água. O de ovinos e caprinos por terem baixa umidade precisa de 320% de seu peso em água.

LUCAS JÚNIOR *et al.*, (2009), recomenda de uma maneira mais prática utilizar duas partes de água para uma parte de dejetos, no caso de suínos que serão diluídos.

2.3.4.5-pH

As bactérias metanogénicas sobrevivem em faixa de pH (6.5 a 8.0), assim enquanto as bactérias presentes nas fases iniciais da digestão anaeróbica são responsáveis por produzir os ácidos, as metanogénicas os consomem, mantendo o meio neutro (CASSINI,2003).

2.3.5-Inibidores

Caso a primeira fase seja inibida, os substratos para as segunda e terceira fases serão limitados e a produção de CH₄ diminuirá. Se a terceira fase for inibida, os ácidos produzidos na acidogénese serão acumulados. A inibição da terceira fase ocorre devido ao aumento dos ácidos e, conseqüentemente perda de alcalinidade e diminuição do pH (GERARDI, 2003).

Os principais problemas na digestão anaeróbica ocorrem devido à inibição de bactérias formadoras de metano (metanogénese). Como a digestão anaeróbica contém diferentes grupos de bactérias, estes grupos trabalham em sequência, com os produtos de um grupo servindo como substratos de outro grupo. Portanto, cada grupo está ligado a outros grupos em forma de encadeamento, sendo a produção de acetato e produção de metano os elos mais críticos (GERARDI, 2003).

Tabela 8: Inibidores e a sua concentração tóxica em processo de digestão anaeróbica

Inibidor	Concentração de inibição	Observação
Oxigênio	> 0,1 mg/l	Inibição das arqueas metanogênicas anaeróbias obrigatórias.
Sulfeto de hidrogênio	> 50 mg/l H ₂ S	Quanto menor o pH, maior o efeito inibitório.
Ácidos graxos voláteis	> 2.000 mg/l HAc (pH = 7,0)	Quanto menor o pH, maior o efeito inibitório. Alta adaptabilidade das bactérias
Nitrogênio amoniacal	> 3.500 mg/l NH ₄ ⁺ (pH = 7,0)	Quanto maiores o pH e a temperatura, maior o efeito inibitório. Alta adaptabilidade das bactérias
Metais pesados	Cu > 50 mg/l Zn > 150 mg/l Cr > 100 mg/l	Só metais dissolvidos apresentam efeito inibidor. Descontaminação pela precipitação de sulfeto.
Desinfetantes antibióticos	N.E.	Efeito inibitório varia com o composto.

Fonte: Yokoyama, 2008

2.4-Utilização do biogás

O biogás produzido a partir da digestão de dejetos de frango pode ser utilizado para o aquecimento dos pintinhos, em equipamentos onde ocorrerá a queima do biogás e consequente produção de calor, fundamental para a sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Pesquisas realizadas pela Embrapa Suínos e Aves demonstraram que os gastos com energia para aquecimento (gás e lenha) tiveram

participação de 2,9% no custo de produção do quilograma de frango no sistema manual e 3,8% no sistema automático.

KOSARIC e VELIKONJA (1995) citaram que 1 m³ de biogás pode ser aplicado para iluminação por lâmpada de 60 W por cerca de sete horas, ou gerar 1,25 kW de eletricidade, ou cocção de três refeições para uma família de quatro pessoas, ou funcionar um motor de 2 HP por uma hora ou funcionar um refrigerador de 300 L por três horas.

Segundo LUCAS JR. (1987), o metano tem um poder calorífico de 9.100 kcal/m³ a 15,5°C e 1 atm, sua inflamabilidade ocorre em misturas de 5 a 15% com o ar. Já o biogás, devido a presença de outros gases que não o metano, possui um poder calorífico que varia de 4.800 a 6.900 kcal/m³. Em termos de equivalente energético; 1,33 a 1,87 e 1,5 a 2,1 m³ de biogás são equivalentes a 1L de gasolina e óleo diesel respectivamente. O gás natural possui 88% de metano. O poder calorífico do metano puro, segundo LUSK (1998), conte cerca de 7.973 a 9.512 Kca/m³.

De acordo com FULHAGE (1993), um “pé cúbico” (ft³) de biogás queimado rende 10 Btu/metano (%), portanto o biogás contendo 65% de metano rende 650 Btu. Transformando em kcal/m³; se 1m³ de biogás com 60% de metano, possui 600 Btu/ ft³ ou seja 21.186 Btu/m³, portanto equivale a 5.339 kcal/m³ (pois 1m³ equivale a 35,31 ft³ e 1Btu equivale a 252cal), exatamente o mesmo valor citado por LUCAS JR (1987).

DA COSTA.R, 2011 mostra que o emprego do biogás como combustível, deve se estabelecer entre este e o ar, uma relação que permita a combustão integral. Quando esta se dá, a chama é forte, de coloração azul claro, e o gás emite um assobio. Se a chama tremer, há insuficiência de ar e combustão incompleta. Se for curta, amarela e bruxuleante, indica biogás insuficiente e ar excessivo.

Para uma específica utilização do biogás produzido requer uma quantidade equivalente nominal. Desta forma a tabela abaixo mostra essa relação de quantidade de gás necessitada para cada finalidade.

Tabela 9:Quantidade de gás

Finalidade		Gás necessário (m ³ / hora)
Electricidade	kWh	0,62
Lâmpada 100 W		0,13
Lâmpada 40 W		0,47
Motor a combustão	Biogás/HP	0,45 a 0,51
Bico de fogão	Pessoa/dia	0,34 a 0,42
Dissipador de calor		1,4 a 1,8

Fonte: Da Costa, 2011

2.4.1-Vantagens e Desvantagens na utilização do biogás

FREIRE, 2003 aponta as seguintes vantagens:

- Em termos de tratamento de resíduos

- 1- É um processo natural para se tratar resíduos orgânicos.
- 2- Requer menos espaço que aterros sanitários ou compostagem.
- 3- Diminui o volume de resíduo a ser descartado

- Em termos de energia

- 1- É uma fonte de energia renovável
- 2- Produz um combustível de alta qualidade, através deste processo evita-se a libertação de CH₄ para a atmosfera que provoca um aumento do efeito estufa, (a combustão do CH₄ só produz H₂O e CO₂).

- Em termos ambientais

- 1- Reaproveitamento da matéria orgânica.
- 2- Produz como resíduo um biofertilizante, rico em nutrientes e livres de microrganismos patogénicos.
- 3- Reduz significativamente a quantidade emitida para a atmosfera de CH₄.
- 4- Por sua vez no tratamento de afluentes, reduz alguns organismos patogénicos prejudiciais a saúde pública além de reduzir o consumo de oxigénio neste tipo de reações.

- Em termos económicos

- 1- Apesar do elevado custo inicial, numa perspetiva a longo prazo resulta uma grande economia, pois reduz, gastos com eletricidade, transporte do bujão do gás, esgotos, descarte de resíduos, etc.

Desvantagens citadas por FREIRE,2003 são:

- 1- Possível formação, caso a digestão não esteja a funcionar corretamente, de gás sulfúrico (H₂S), gás tóxico. Implica possivelmente uma etapa de tratamento do gás obtido.
- 2- Escolha adequada do material a utilizar na construção do biodigestor, pois há formação de gases altamente corrosivos
- 3- Custo inicial
- 4- Possibilidade de custo de manutenção.

2.5- Biodigestores

De acordo com o PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD E O MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA (2010), biodigestor é uma câmara fechada que fornece condições adequadas para a fermentação da matéria orgânica realizada por bactérias metanogénicas.

Segundo DEGANUTTI *et al.* (2002), um biodigestor é constituído basicamente de uma câmara fechada, composto de modo geral por duas partes: primeiramente por um tanque para abrigar e permitir a digestão anaeróbia da biomassa e a segunda o gasômetro (campânula) para armazenar o biogás.

AL SEADI, 2008 afirma que o núcleo de uma usina de biogás é o digestor - um tanque de reator à prova de ar, onde ocorre a decomposição da matéria-prima, na ausência de oxigênio, e onde o biogás é produzido. As características comuns de todos os digestores, além de serem à prova de ar, são que eles têm um sistema de alimentação de insumo, bem como sistemas de produção de biogás e digestores. Nos climas europeus, os digestores anaeróbicos devem ser isolados e aquecidos.

AL SEADI, 2008 ainda acrescenta que os biodigestores podem ser feitos de concreto, aço, tijolo ou plástico, em forma de silos, cavidades, bacias ou tanques, e podem ser colocados no subsolo ou na superfície. O tamanho dos digestores determina a escala das centrais de biogás e varia de poucos metros cúbicos no caso de pequenas instalações domésticas a vários milhares de metros cúbicos, como no caso de grandes usinas comerciais, muitas vezes com vários digestores.

2.5.1-Modelos de Biodigestores

2.5.1.1-Modelo Indiano

Segundo LUCAS JÚNIOR (1987), este modelo de biodigestor indiano difere-se dos demais por possuir uma campânula como gasômetro, que pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, contendo uma parede central dividindo o tanque de fermentação em duas câmaras. A finalidade da parede divisória é fazer com que haja circulação do material pelo interior da câmara de fermentação. No modelo indiano, sua pressão é constante, pois se o volume de gás produzido não for consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o seu volume e,

consequentemente, mantendo a pressão constante no seu interior (DEGANUTTI et al., 2002).

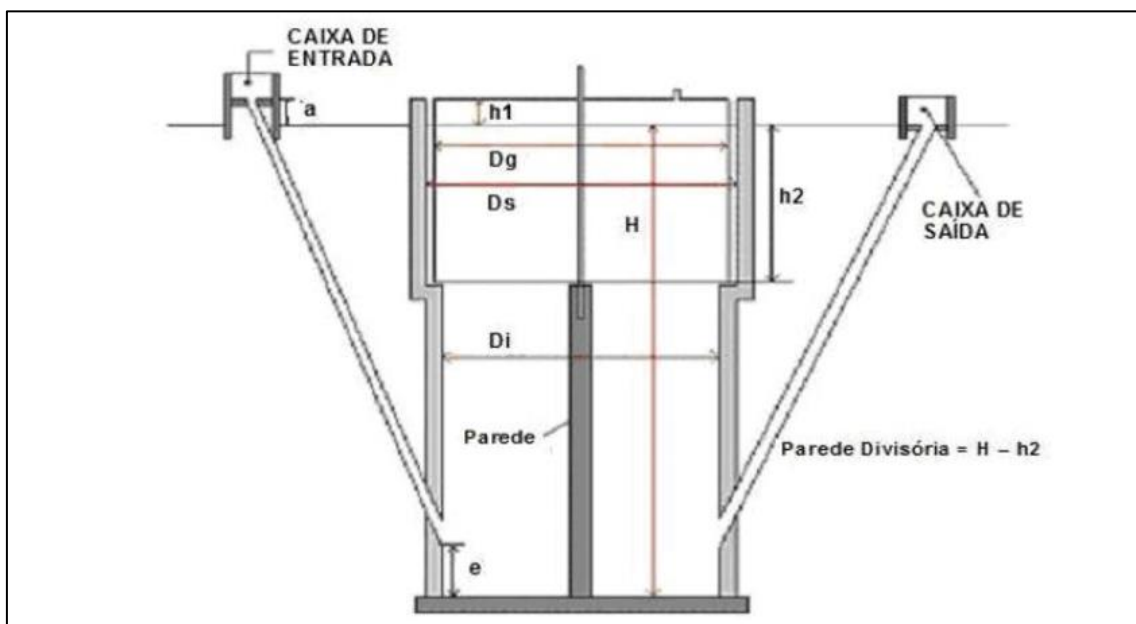
As perdas são reduzidas na produção de gás justamente pelo motivo do gasômetro estar assentado sobre o substrato ou sobre o selo d'água. Os resíduos a serem utilizados no abastecimento do biodigestor indiano, deverão apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superiores a 8%, com objetivo de facilitar a circulação dos resíduos no interior da câmara de fermentação, evitando assim entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O fornecimento de resíduos deverá ser contínuo, onde geralmente é utilizado dejetos bovinos e/ou suínos, por apresentarem certa regularidade na produção de dejetos (BARREIRA (2011).

Do ponto de vista construtivo, mostra-se de fácil construção, entretanto o gasômetro de metal pode onerar o custo final, bem como, o afastamento da propriedade pode prejudicar e encarecer o transporte inviabilizando a instalação deste modelo. O modelo indiano, em termos de custos de implantação, por ocupar pouco espaço no terreno, ter suas paredes construídas encravadas no solo, dispensando o uso de reforços, acaba por diminuir os custos de implantação. Embora ocupe pouco espaço, seu abastecimento deverá ser contínuo, apresentando uniformidade no abastecimento de dejetos (ORTOLANI et al., 1991).

Sendo um biodigestor de subsolo, é preciso ter cuidado na instalação, focando a impermeabilização, evitando com isso possíveis infiltrações no lençol freático. Existe biodigestores feitos em concreto ou metal, cobertos com lona vedada. Devendo ter duas saídas, com duas válvulas, por onde os restos orgânicos são despejados (DEGANUTTI et al., 2002).

A figura abaixo exemplifica o modelo indiano com devidas características e acompanhada com a legenda.

Figura 3: Representação do Biodigestor: modelo Indiano



Fonte: Esperancini *et al.*, 2007.

Observando a Figura 3 define-se:

- H - a altura do nível do substrato;
- Di - o diâmetro interno do biodigestor;
- Dg - o diâmetro do gasômetro;
- Ds - o diâmetro interno da parede superior;
- h1 - a altura ociosa (reservatório do biogás);
- h2 - a altura útil do gasômetro;
- a - a altura da caixa de entrada;
- e - a altura de entrada do cano com o afluente.

2.5.1.2-Modelo Chinês

Segundo LUCAS JUNIOR, (1987), ambos os modelos Chinês e Indiano, apresentam desempenho semelhante, contudo o modelo Indiano ter demonstrado em determinados

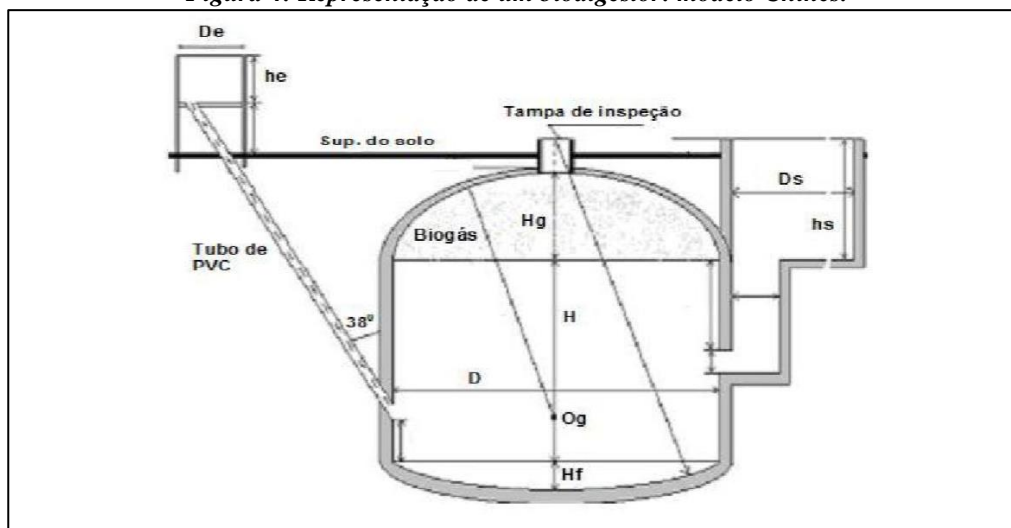
experimentos, uma acanhada eficiência sobre o modelo Chinês, quanto a produção de biogás e redução de sólidos no substrato.

De acordo com DEGANUTTI ET AL. (2002), o modelo Chinês é quase que totalmente construído em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, entretanto facilita vazamentos de biogás caso a construção não seja bem vedada e impermeabilizada. Sua estrutura é formada por uma câmara cilíndrica em alvenaria (tijolo) para a fermentação, com teto abobadado, objetivando o depósito do biogás. Este biodigestor funciona com base no fundamento da prensa hidráulica, de maneira que, com o aumento de pressão, motivado pela concentração de biogás em seu interior terá como consequência os deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, concluindo que em sentido contrário, estará ocorrendo a descompressão.

Segundo BARREIRA, 2011, neste tipo de biodigestor uma parcela do biogás gerado na caixa de saída será liberada para a atmosfera, com intuito de reduzir parcialmente a pressão interna, motivo este da não utilização desse modelo tipo chinês para grandes estabelecimentos. Similar ao modelo indiano, o substrato também deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material.

Desta forma segue abaixo o modelo chinês com devidas especificações e legenda.

Figura 4: Representação de um biodigestor: modelo Chinês.



Fonte: Manual Biodigestor Winrock, 2009

De acordo com o esquema da Figura 4, considera-se como:

- **D** - diâmetro do corpo cilíndrico;
- **H** - altura do corpo cilíndrico;
- **Hg** - altura da calota do gasômetro;
- **Hf** - altura da calota do fundo;
- **Og** - centro da calota esférica do gasômetro;
- **he** - altura da caixa de entrada;
- **De** - diâmetro da caixa de entrada;
- **hs** - altura da caixa de saída;
- **Ds** - diâmetro da caixa de saída.
-

2.5.1.3-Modelo canadense (Fluxo Tubular)

O biodigestor de fluxo tubular, com relação a sua construção pode-se considerar como simples, pois é do tipo horizontal com câmara de digestão anaeróbia escavada no solo e o reservatório para o biogás é de material plástico/emborrachado, ou seja, inflável. Embora o

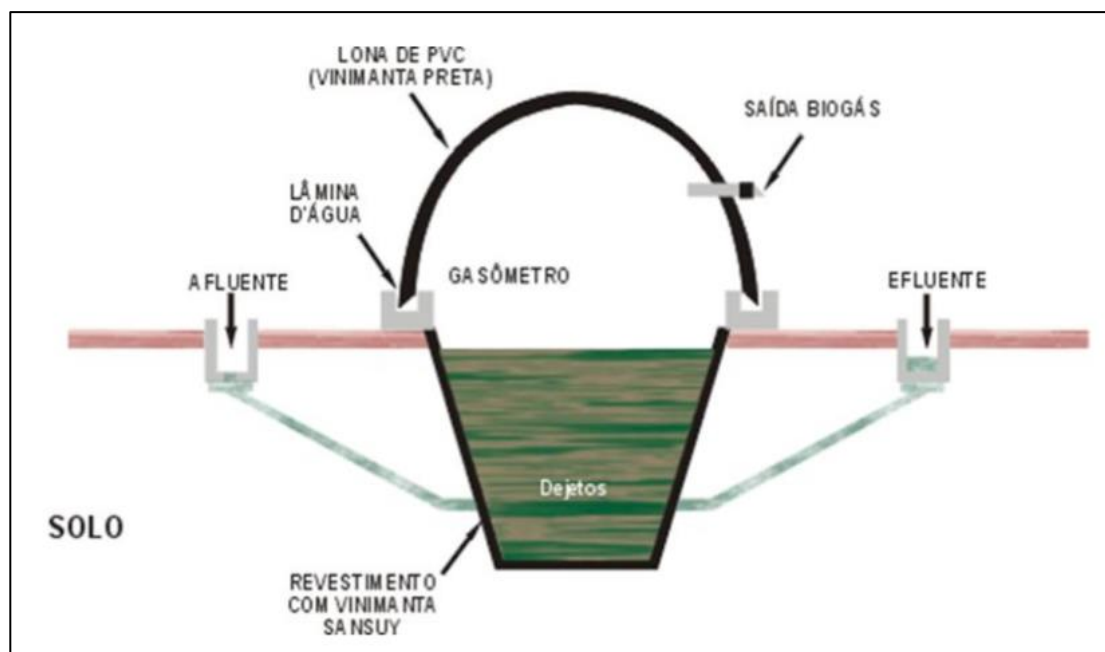
referido biodigestor apresente a vantagem de ser de fácil construção, possui também aspectos negativos, como menor durabilidade, quando comparado a biodigestores Indiano e Chinês, somando-se ao fato, a possibilidade de vazamentos de biogás, caso a lona inflável apresente perfurações, circunstância perfeitamente possível devido o material plástico utilizado (LUCAS JUNIOR; SOUZA, 2009).

Não há dúvida que a tecnologia para construção desse modelo de biodigestor é mais moderna e avançada em relação aos demais tipos, considerando ainda sua menor complexidade. Como já mencionado, é um modelo tipo horizontal, diferenciando-se dos outros modelos que são tipo vertical. Na sua construção, necessita-se de uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, com uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita grande produção de biogás, evitando o entupimento. Na produção de biogás, haverá a expansão do gasômetro ou cúpula do biodigestor, já que é feita de material flexível (plástico/emborrachado), facilitando também a sua retirada ou substituição em situações de necessidade. Este tipo de biodigestor, possui a tecnologia mais utilizada hoje em comparação aos demais modelos, sendo o mais difundido nas propriedades rurais. Neste tipo de biodigestor, há também a opção de envio do biogás para um gasômetro alternativo ou separado, permitindo maior controle (LUCAS JUNIOR; SOUZA, 2009).

Neste modelo de biodigestor, o fluxo do material a ser processado se dá sempre seguindo uma sequência, ou seja, os dejetos conforme vão sendo introduzidos no tanque do biodigestor vão deslocando o material mais antigo para o extremo oposto, agindo como um pistão, causando uma dispersão longitudinal mínima, com tempo de retenção hidráulica suficiente para finalizar o processo de digestão anaeróbia (KUNZ, 2010; LIMA, 2011).

A representação esquemática do biodigestor canadense ou de fluxo tubular segue-se na figura abaixo.

Figura 5: Esquema representativo do modelo de Biodigestor: Fluxo Tubular ou Canadense



Fonte: IENGEP (2012)

Sua construção, basicamente, é caracterizada por uma câmara de fermentação escavada no solo, com formato de trapézio ou tronco pirâmide invertido, onde é revestida tanto em relação ao solo, evitando infiltrações e contaminações do lençol freático, bem como a sua cobertura, onde utiliza-se comumente manta de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com espessura de 0,8 mm a 2 mm, na cor preta ou branca. No revestimento interno, pode ser utilizado material sintético flexível, como manta de Policloreto de Vinila (PVC), espessuras de 0,8 mm à 1 mm, nas cores preta. Outros materiais emborrachados estão disponíveis no mercado, porém é de suma importância, a verificação de sua resistência e vida útil, haja vista, o biodigestor estar implantado a céu aberto (LIMA, 2011).

Comparando com o PEAD a manta de PVC tem vida útil superior em função da resistência à radiação solar. O PEAD tem como agravante a sua qualidade, que longo do tempo tende a ressecar e rachar, ocasionando vazamentos de substrato e biogás. Com relação ao contato

com o substrato, ambos toleram variação do pH e são resistentes aos desgastes físicos. A cobertura com manta de PVC flexível atua como um gasômetro (balão), armazenando o biogás produzido, evitando sua emissão para atmosfera. Ao inflar-se, a pressão do biogás se manterá constante devido à flexibilidade da manta do gasômetro. Neste sistema, a remoção de lodo e a recirculação dos dejetos são realizadas por bomba hidráulica, facilitando a agitação do substrato por meio de mistura hidráulica. Outra opção para a promoção da movimentação do substrato é pela recirculação do biogás do gasômetro para fundo da câmara de fermentação por meio de um compressor de gás e válvula de alívio, favorecendo a degradação do substrato e contribuindo para aumentar a eficiência do processo de digestão anaeróbia por meio dessa mistura de gás (LIMA, 2011).

Com relação ao biofertilizante conforme vai sendo produzido no processo, é encaminhado a um tanque devidamente impermeabilizado para o recebimento deste material, onde a partir de então será utilizado para aplicação no solo. Já para o biogás produzido é instalado um queimador conectado a um registro de saída do biogás, para medição da pressão do gasômetro e eventual alívio da mesma (PEREIRA; CAMPOS; MOTERANI, 2010).

2.6.-Princípios básicos na escolha do biodigestor

LUCAS JR. et al. (1992), citaram que em vista de diversos tipos de manejos de dejetos que podem ser adotados pelos produtores há dificuldades de se estabelecer um modelo padrão de tratamento e ressaltaram que os estudos devem ser individualizados, com base nas características da propriedade em questão e nas diversas formas em que se apresentam os resíduos (líquidos, semissólidos ou sólidos).

As tecnologias existem mas não podem ser universais pois o manejo dos animais é específico. O manejo se diferencia dependendo das espécies animais e das tradições de país para país quanto às criações dos animais (BAYKOV, 1995).

LUCAS JR. et al. (1993) cita que a escolha do biodigestor adequado, para um resíduo particular, é a chave para um desenvolvimento e processo apropriados. Assim, é importante entender os princípios de operação da maioria dos biodigestores para ajudar na seleção e planejamento de um modelo de tratamento a partir da digestão anaeróbia. A importância desse conhecimento está relacionado à elevada produção de metano e as taxas de produção de biogás, que são dependentes da relativa contribuição do resíduo e custo do biodigestor para o custo final do biogás.

Para estabelecer relações entre os principais tipos de biodigestores e suas características microbiológicas, é fundamental o conhecimento de três parâmetros básicos que influem no modo de operação destes e em suas eficiências na produção de biogás. Estes parâmetros são:

- Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM);
- Tempo de Retenção Hidráulica (TRH);
- Tempo de Retenção de Sólidos (TRS);

O TRH é entendido como o intervalo de tempo necessário de permanência do afluente para que ocorra o processo de digestão de maneira adequada. Os TRM e TRS são os tempos de permanência dos microrganismos e dos sólidos no interior dos biodigestores, esses tempos são expressos em dias. De forma resumida pode-se dizer que altas produções de metano são conseguidas, satisfatoriamente, com longos TRM e TRS. Porém quando se utiliza biodigestores bateladas, apenas o TRH é considerado.

TRH:

- Caprinos-ovinos: 45 dias
- Bovinos-suínos: 35 dias
- Galinhas: 60 dias

Sendo a cama de frango um resíduo produzido em intervalos de tempo, ou seja, a disponibilidade não é contínua devido ao modo de produção e considerando suas

características físicas e químicas, como alto teor de sólidos, baixa umidade e maior tamanho das partículas; o tipo de biodigestor ideal, pelas suas características de desempenho para uma perfeita digestão anaeróbia da biomassa é o biodigestor batelada, podendo este ser manejado em forma de bateria ou sequencialmente. A desvantagem do manejo em forma de bateria está relacionada com a velocidade de fermentação da cama, que é lenta, dificultando o aproveitamento do biogás. No manejo sequencial, deve-se utilizar inóculos para que este seja viabilizado. Pode ser necessário que a cama tenha que sofrer um pré-tratamento antes de ser adicionada ao biodigestor, o mais indicado seria a moagem, pois as partículas de maravalha são muito grandes e isso pode diminuir a eficiência da atividade dos microrganismos. Em relação ao teor de umidade da cama, é necessário a adição de água para diminuição do teor de sólidos e diluição do conteúdo. Se o teor de sólidos totais for muito alto, demandará um longo TRH dificultando a consorciação produção de biogás e a avicultura. Para reduzir o TRH, que pode ser de semanas ou meses, pode-se utilizar os sistemas de agitação, aquecimento e, principalmente, adição de inóculo LUCAS JR. et al. (1993).

Segundo LUCAS JR. et al. (1993), há biomassas que apenas diluídas podem apresentar bons resultados no processo de digestão anaeróbia, com relativa facilidade de degradação, porém outras, são mais difíceis de serem degradadas pelos microrganismos envolvidos no processo, apresentando degradação lenta e nesses casos, se faz necessária não apenas a diluição como também a inoculação.

A inclusão de inóculo consiste em reciclar o material que já passou pelo processo e é capaz de fornecer ao substrato (afluente), uma população adicional de microrganismos típicos da digestão anaeróbia (YADVIKA *et al.*, 2004). O inóculo tem a função de acelerar a partida do processo, principalmente em decorrência dos altos teores de celulose e lignina, os quais são materiais difíceis de serem digeridos e estão presentes na cama (XAVIER, 2005).

O inóculo pode ser um esterco já digerido de bovinos, aves ou suínos, que contém uma grande massa microbiana de microrganismos acidogênicos e metanogênicos fundamentais

na digestão anaeróbia. LUCAS JR. *et al.* (1993) estudaram o uso de inóculo no processo de fermentação de dejetos de aves com teores de sólidos totais de 8 e 16% e constataram que independente dos teores de sólidos totais houve aumento dos potenciais de produção de biogás em relação aos tratamentos sem utilização do inóculo, o qual era proveniente de biodigestor operado com dejetos de suínos.

STEIL *et al.* (2002) trabalhou com dejetos de aves de postura, de suínos e cama de frangos de corte com três níveis de inclusão de inóculo (sem inóculo, 10 e 20% de inclusão) e constataram que a utilização de inóculo adaptado ao resíduo favoreceu o processo e melhorou o desempenho dos biodigestores. Nesse trabalho, os autores consideraram o inóculo como sendo o efluente dos biodigestores no momento em que a produção de biogás e seu teor de metano eram os valores máximos obtidos.

2.6.1-Custos de construção dos diferentes biodigestores

2.6.1.2-Construção de biodigestor: modelo Canadense

Este modelo de biodigestor é caracterizado por possuir uma base retangular construída de alvenaria e um gasômetro feito em manta flexível de PVC, fixa sobre uma valeta de água que circunda a base. A cobertura é feita com neomembranas sintética de polietileno de alta densidade (PEAD), ancorada ao redor do perímetro de todo o biodigestor (CALZA, L *et alli*, 2015).

2.6.1.3-Custos de construção dos biodigestores

Os custos unitários dos materiais utilizados para a construção dos biodigestores modelo chinês, indiano e canadense foram consultados nas tabelas de índices da construção civil do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, para o mês de setembro de 2012 (SINAPI, 2012).

Foi realizada a composição de custos para cada um dos modelos de biodigestor para diferentes faixas de capacidade, variando em 20; 40; 60; 80; 100 e 120 m³. A escolha da capacidade do biodigestor para cada volume dos dejetos de caprinos, bovinos e suínos foi feita adotando-se o critério de que se deve escolher o biodigestor com capacidade imediatamente acima do calculado quando este não pertencer às faixas de capacidade, ou seja, o biodigestor pode ter capacidade superior à calculada, porém não poderá ter capacidade inferior.

Para a composição dos custos de construção dos biodigestores modelos indiano, chinês e canadense, foi considerado o custo com materiais de construção, escavação e mão-de-obra.

Como se pode verificar o modelo indiano é o mais custoso, sendo do ponto de vista de construção como no preço dos materiais. Isto por causa do gasómetro em metal que possui um custo elevado e o de menor custo seria o modelo canadiano sendo que necessita de menos materiais para a sua construção.

Tabela 10: Custo de construção e de implantação de biodigestores modelos Indiano, Chinês e Canadense para diferentes capacidades.

Capacidade do biodigestor (m ³)	Custo total por modelo (escudos)		
	Indiano	Chinês	Canadiano
20	150.353,3	120.306,4	62.409,3
40	210.630,4	168.587,7	93.809,9
60	280.366,6	224.151,8	124.227,1
80	340.603,6	272.375,0	154.676,3
100	370.703,1	320.637,3	185.103,7
120	420.891,4	368.319,3	212.613,3

Fonte: Adaptado de Calza, L *et alli*, 2015

2.7- Purificação e tratamento do biogás

No tratamento de biogás e a purificação PATERSON, M *et alli* (2010) fazem as seguintes considerações:

Em sua forma bruta, o biogás é completamente saturado de vapor de água e, além do metano (CH₄) e do dióxido de carbono (CO₂), contém quantidades não desprezíveis de sulfeto de hidrogênio (H₂S), entre outras substâncias.

O sulfeto de hidrogênio é tóxico e exala um odor desagradável de ovo podre. O vapor contido no biogás se combina com o sulfeto de hidrogênio originando ácido sulfúrico. Os ácidos atacam os motores utilizados no processamento do biogás, bem como os componentes instalados a jusante tais como tubulação de gás, tubo de exaustão, etc. Os compostos de enxofre também reduzem a eficiência dos estágios de processamento localizados a jusante (eliminação do CO₂).

Por essas razões, centrais de biogás agrícolas normalmente realizam a dessulfurização e a secagem do biogás gerado. Conforme as substâncias concomitantes contidas no biogás ou as tecnologias de aproveitamento utilizadas (p. ex. substituição de gás natural), porém, pode ser necessário que o gás receba tratamento adicional. Os fabricantes de centrais de cogeração definem padrões mínimos de qualidade das propriedades dos gases combustíveis utilizados. Esses padrões são válidos também na utilização de biogás. Os requisitos de qualidade do gás combustível devem ser respeitados a fim de evitar intervalos de manutenção mais curtos ou danos nos motores. Muitos são os processos de tratamento do biogás porém como o projeto encaminha-se para a produção de eletricidade, os tratamentos são mais de remoção do sulfeto de hidrogênio para evitar os problemas referidos por PATERSON, M *et alli* (2010).

A tabela seguinte mostra as diversas tecnologias que se podem utilizar no tratamento do biogás.

Tabela 11: Processos de dessulfurização

Processo	Consumo energético		Insumos indiretos		Injeção de ar	Pureza em ppmv	Diretriz DVGW satisfeita? ²	Problemas
	Eletr.	Térm.	Consumo	Eliminação				
Biodessulfurização no digestor	++	0	++	++	sim	50-2.000	Não	Falta de exatidão no controle do processo
Biodessulfurização externa	-	0	+	+	sim	50-100	Não	Falta de exatidão no controle do processo
Lavador biológico de gás	-	0	-	+	Não	50-100	Não	Complexidade elevada
Precipitação de sulfeto	0	0	--	0	Não	50-500	Não	Processo lento
Dessulfurização química interna	0	0	--	--	sim	1-100	Não	Efeito purificador reduzido drasticamente
Carvão ativado	0	0	--	-	sim	< 5	Sim	Grandes quantidades eliminadas
++ muito vantajoso, + vantajoso, 0 neutro, - desvantajoso, -- muito desvantajoso								

Fonte: Paterson, M *et alli* (2010)

² O DVGW é um órgão de padronização reconhecido para a indústria de gás e água, um centro de *know-how* técnico e científico nos setores de gás e água e um iniciador e promotor de projetos de pesquisa e inovações.

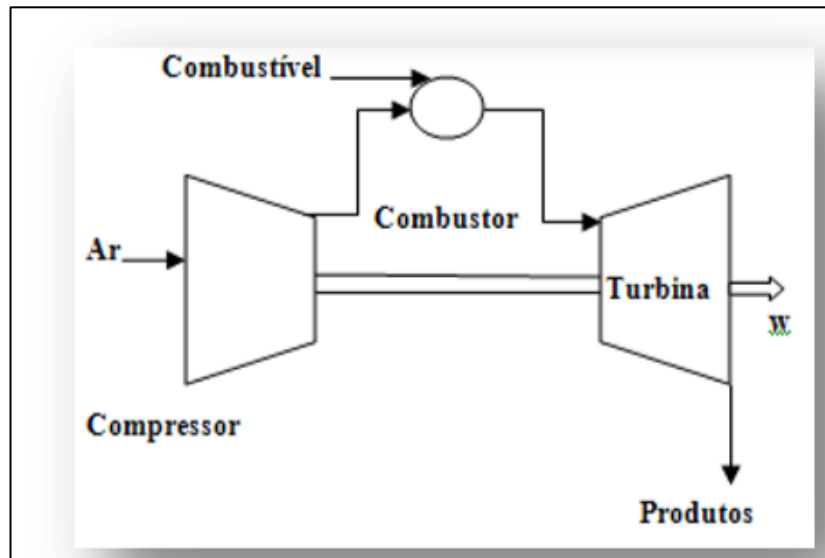
Da mesma forma ainda existe técnicas de remoção de CO₂ porque pode dificultar a conversão do biogás assim PATERSON, M *et alli* (2010) cita que a remoção do dióxido de carbono é necessária sobretudo quando o objetivo é injetar o gás na rede de gás natural e indica os seguintes processos: Adsorção com modulação de pressão (PSA), Lavagem com água sob pressão, Lavagem química (aminas), Lavagens físicas (Selexol, Genosorb), Processo de membrana e Separação criogênica. Com o aumento do teor de metano, é possível ajustar as propriedades comburentes aos padrões previstos na folha de processo da DVGW. Da mesma forma a remoção de O₂ e a separação de outros gases traço como a amônia, os siloxanos e o BTX (benzeno, tolueno e xileno), entre outros tem importância para a injeção do bio metano na rede de gás natural.

2.8- Tecnologias de Conversão Energética de Biogás

2.8.1- Turbinas a gás

Segundo FIGUEIREDO, 2007 as turbinas a gás podem ser classificados de acordo com o seu ciclo de operação. Assim, as turbinas podem operar em ciclo fechado ou em ciclo aberto, sendo este o mais comum. A Figura 6 ilustra o modo de funcionamento das turbinas.

Figura 6: Turbina a gás: circuito aberto-processo de combustão interna



Fonte: Figueiredo, 2007

O fluido de trabalho é comprimido, no respetivo compressor, elevando desta forma a pressão. Para este processo não é necessário adicionar qualquer tipo de calor, visto que, o compressor, em condições ideais, trabalha em regime adiabático, fazendo com que o trabalho de compressão aumente a temperatura do ar. Este vai entrar na câmara de combustão e, em contacto com o combustível, reage, iniciando o processo de queima. Os gases resultantes da combustão, juntamente com a elevada temperatura, expandem-se na turbina produzindo energia mecânica, para além de acionar o compressor. O trabalho útil produzido é calculado pela diferença entre o trabalho da turbina e o consumido pelo compressor.

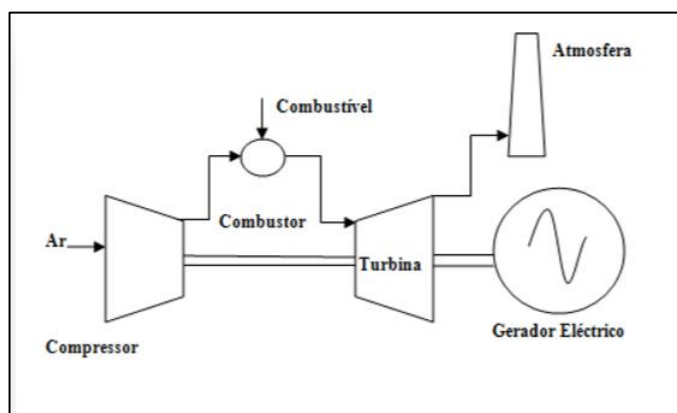
No ciclo fechado, os gases que deixam a turbina passam por um trocador de calor onde sofrem arrefecimento para entrar novamente no compressor. Esta configuração apresenta, portanto, um melhor aproveitamento do calor e a possibilidade de operação em pressões elevadas. Relativamente ao ciclo aberto, pode-se ainda dizer que este é o processo real de combustão interna enquanto o ciclo fechado é a aproximação de um processo ideal de transferência de calor.

2.8.2-Turbinas de Ciclo *Brayton*

Este é um método que, cada vez mais, vem a ser usado para a produção de energia. Neste tipo de máquina, o ar é continuamente succionado pelo compressor, onde, e sujeito a altas pressões, vai ser comprimido. O ar comprimido entra na câmara de combustão (ou combustor), é misturado ao combustível dando-se desta forma, a combustão, resultando em gases com alta temperatura.

Os gases provenientes da combustão expandem-se através da turbina e são descarregados na atmosfera. Parte do trabalho desenvolvido na turbina é usado para acionar o compressor, o restante é utilizado para acionar um gerador elétrico ou um dispositivo mecânico (PECORA,2006, FIGUEIREDO,2007).

Figura 7:Diagrama simplificado do ciclo de Brayton

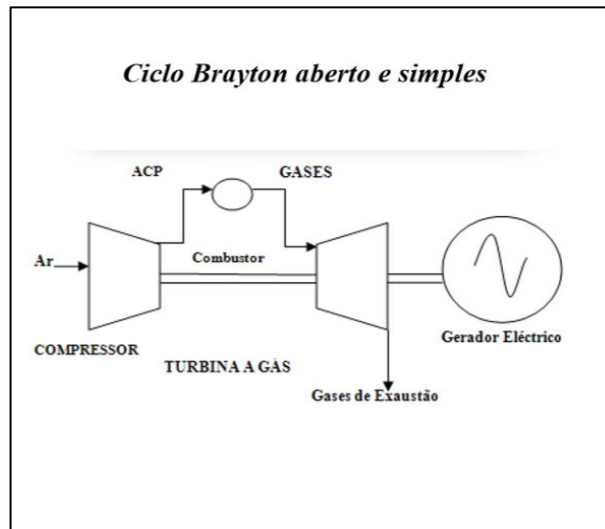


Fonte:Pecora,2006

PECORA,2006 apresenta os dois esquemas de turbinas ciclo *Brayton* são apresentadas a seguir:

Este tipo de ciclo é designado por ciclo *Brayton* simples e aberto, existindo algumas variações. O rendimento térmico do ciclo *Brayton* é de aproximadamente 35%, mas, atualmente, existem turbinas que atingem um rendimento de 41,9%.

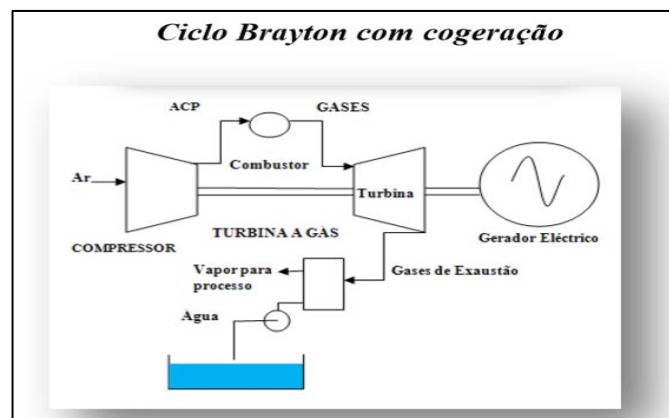
Figura 8: Representação do Ciclo Brayton aberto e simples



Fonte: Pecora,2006

A cogeração neste ciclo é obtida através da adição ao ciclo de uma caldeira de recuperação de calor. Neste caso, os gases de exaustão da turbina são direcionados para a caldeira, de modo a produzir vapor. Este vapor será então utilizado no processo industrial.

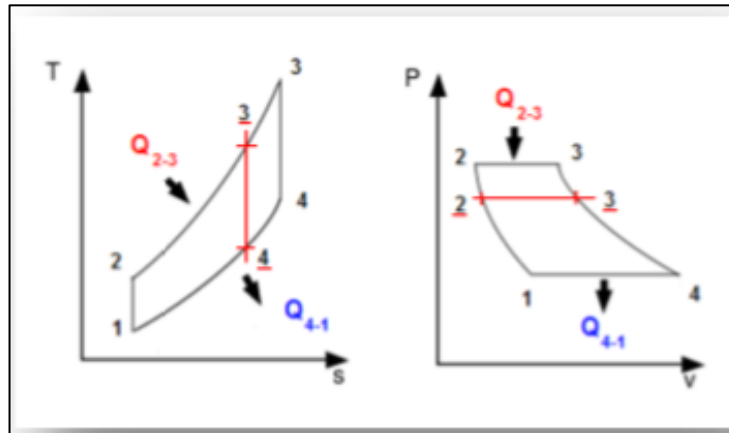
Figura 9: Representação do Ciclo Brayton com cogeração



Fonte: Pecora,2006

VERAS, 2009 apresenta o padrão de ar ideal do ciclo de *Brayton* e segue-se da identificação dos processos que ocorrem durante o ciclo.

Figura 10: Esquema de Ciclo de ar-padrão ideal Brayton



Fonte: Veras,2009

Da Figura 11, podem identificar-se os quatro processos seguintes:

- 1-2: Compressão isentrópica no compressor;
- 2-3: Aumento de temperatura a pressão constante;
- 3-4: Expansão isentrópica na turbina;
- 4-1: Recuperação de calor a pressão constante;

2.8.3-Microturbinas a gás

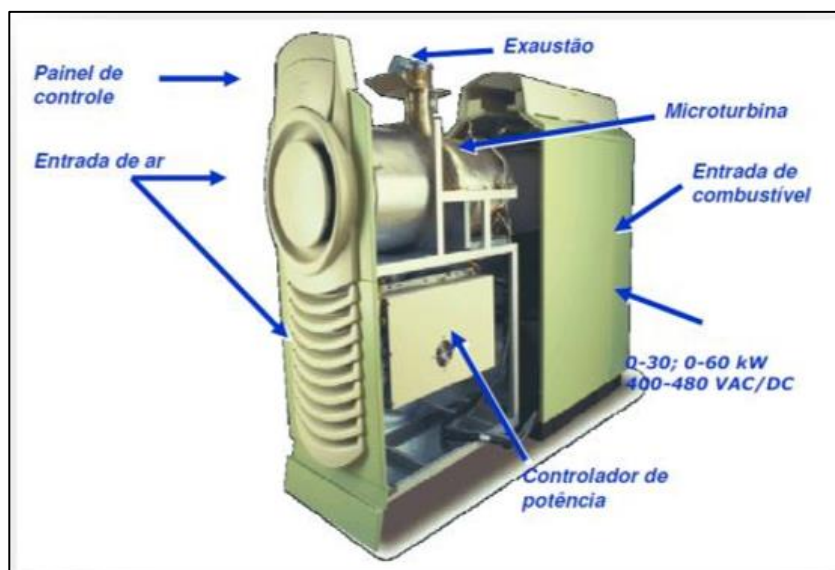
São pequenas turbinas de combustão que operam na faixa de 20 a 250 kW. Podem ser usadas a altas temperaturas devido ao seu desenvolvimento tecnológico no que diz respeito à utilização de novos materiais. Funcionam com velocidades de rotação muito elevadas e com variados tipos de combustíveis entre eles: gás natural, biogás, GPL, entre outros. Pode ter inversores ou conversores que, produzem energia com uma grande qualidade de onda. Estes sistemas apresentam uma grande simplicidade, tendo apenas uma única parte móvel (PECORA,2006).

Não utilizam líquidos refrigerantes nem lubrificantes apresentando uma elevada fiabilidade, não necessitando de muita manutenção. Quando utilizados em sistemas de cogeração alcançam rendimentos acima dos 80%, podendo operar em paralelo com a rede ou isolados. Os vários módulos operam em paralelo entre eles e com a rede, sem necessidade de

sincronismo. Os seus tempos de arranque são muito rápidos. O controlo pode ser totalmente automatizado podendo ser operadas através de um PC ou remotamente. Apresenta um nível de emissões muito baixo (FIGUEIREDO,2007).

MONTEIRO,2010 cita que nas microturbinas, o ar é aspirado e forçado para o interior da turbina a velocidade e pressão elevada. Este ar é misturado ao combustível e queimado na câmara de combustão onde o processo de queima é controlado para se obter a máxima eficiência e baixos níveis de emissões. Os gases produzidos na queima sofrem expansão nas palhetas da turbina produzindo trabalho. Os gases não aproveitados são exauridos para atmosfera.

Figura 11: Representação dos Componentes do sistema da microturbina



Fonte: Monteiro,2010

2.8.4-Motores de combustão interna

O motor de combustão interna é assim designado por realizar trabalho mecânico, transformando o movimento retilíneo de um pistão dentro de um cilindro, em movimento

circular, por meio do virabrequim. Tal movimento é proveniente da libertação da energia térmica obtida na conversão físico/química de um combustível e do aproveitamento da expansão dos gases para mover o pistão. Durante este processo de conversão de movimentos, o motor apresenta perdas mecânicas e, apesar de requerer uma série de dispositivos para que funcione, é um processo muito prático e apresenta grande durabilidade, tornando-se, portanto, um mecanismo largamente utilizado (CORRÊA,2003).

PECORA,2006 cita que em 1867, *Nikolaus August Otto*, um engenheiro alemão, desenvolveu o ciclo Otto de quatro tempos, que é largamente utilizado em transportes até aos nossos dias.

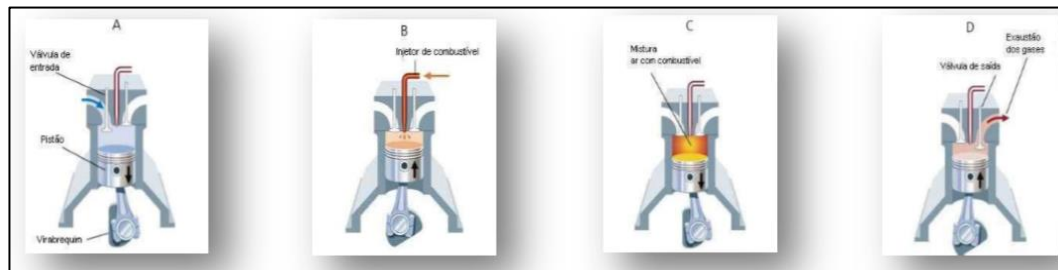
2.8.4.1-Motores Diesel

O motor a diesel surgiu em 1892 com outro engenheiro alemão, *Rudolph Diesel*. O motor a diesel é projetado para ser mais pesado e mais potente do que os motores a gasolina e utiliza óleo como combustível (PECORA,2006).

Os motores de ciclo Diesel são aqueles em que o combustível é injetado no final da compressão do ar. Como a pressão do combustível é maior que a do ar aquecido dá-se a combustão por autoignição. Este processo não se limita apenas a combustíveis líquidos; atualmente já são produzidos motores conhecidos como de combustível misto ou conversível que utilizam gás como combustível no processo diesel (FIGUEIREDO,2007).

A Figura 13 mostra as quatro fases do motor diesel.

Figura 12: Funcionamento do motor Diesel



Fonte: Ferreira *et al*,2018

Na primeira fase (A) o ar é aspirado através da válvula de entrada para o interior do cilindro. O pistão então sobe comprimindo (com taxa muito elevada) o ar do cilindro durante a segunda fase (B) e a temperatura é elevada. A injeção do combustível a alta pressão ocorre na terceira fase (C), onde ao entrar em contacto com o ar comprimido a alta temperatura promove a combustão espontânea e força o pistão para baixo. Na última fase (D) os gases são libertados pela válvula de exaustão pelo movimento de subida do pistão.

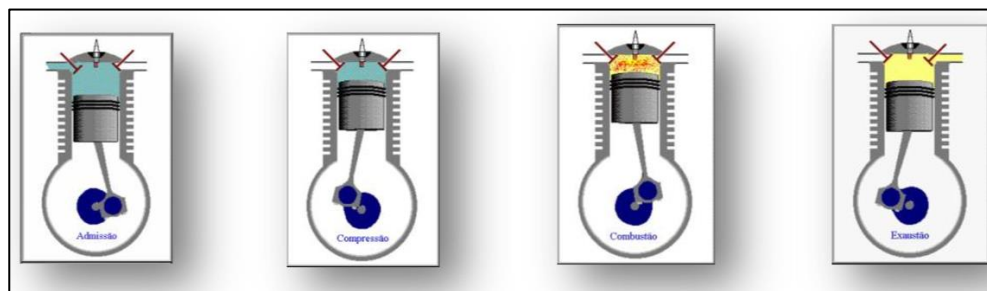
No ciclo Diesel, com o aumento da taxa de compressão ocorre o aumento da eficiência térmica do ciclo, o que pode ser observado na Figura 12. Nesta figura é possível observar que a mesma acontece para o ciclo Otto, diferenciando-se do ciclo Diesel apenas pela razão de corte (FERREIRA *et al*,2018).

2.8.4.2-Motores Otto

Os motores de ciclo Otto aspiram a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros e a combustão da mistura é dada por centelha produzida numa vela de ignição.

A Figura 14 mostra os quatro tempos do motor assim designado devido ao seu funcionamento ocorrer sequencialmente em quatro etapas (PECORA,2006).

Figura 13: Desenho esquemático das etapas de funcionamento de um motor ciclo Otto



Fonte: Pecora, 2006

- Primeiro tempo: abertura da válvula de admissão através da qual é injetada no cilindro a mistura ar combustível e o pistão é empurrado para baixo com o movimento do virabrequim.
- Segundo tempo: fecho da válvula de admissão e compressão da mistura (taxa da ordem de 10:1) e conforme o pistão sobe (antes de chegar à parte superior) a vela cria uma faísca.
- Terceiro tempo: explosão da mistura e expansão dos gases quentes formados na explosão. Esta expansão promove uma força que faz com que o pistão desça.
- Quarto tempo: Abertura da válvula de escape através do qual os gases são expulsos pelo pistão.

2.9-Comparação entre as tecnologias disponíveis

Para a conversão energética de biogás, os motores possuem maior eficiência. Já as turbinas a gás possuem maior eficiência global de conversão (PECORA, 2006). Na Tabela é feita a comparação entre as várias tecnologias.

Tabela 12: Comparação entre as várias tecnologias de conversão do biogás

	Potência	Rendimento (%)	Emissões NOx	Média de emissões (ppm)
Motores a Gás	30 kW – 20 MW	Com biogás: 30 a 34	Sim	< 250
Turbina a Gás para biogás de pequeno – médio porte	50 kW – 150 MW	20 a 30	Sim	35 a 50
Microturbinas (CAPSTONES)	30 kW – 100 kW	24 a 28	Sim	< 9

Fonte: Pecora,2006

CAPÍTULO III

Valorização dos dejetos avícolas, Estudo de caso: Sociave – Este capítulo encontra-se os cálculos dos dimensionamentos, ou seja, a descrição prática do projeto

3-ESTUDO DE CASO: SOCIAVE-PRODUÇÃO DE BIOGÁS

3.1-Apresentação da Empresa SOCIAVE, SARL

Em 1997 era criada uma empresa avícola com a denominação sociedade de MINDAVE, SA. Com o advento da independência a empresa foi nacionalizada em 1976 passando a pertencer ao Estado de Cabo Verde e atuando no domínio da avicultura. Na década noventa, no âmbito das privatizações a empresa privatiza-se vendendo o capital aos trabalhadores. E assim, em 1994 surge a empresa SOCIAVE, SARL, com o capital social de 38 000 contos representado por ações e pertencentes a diversas entidades particulares, maioria trabalhadores da antiga MINDAVE, SA. Localizada na zona da Ribeira de Julião, ilha de São Vicente, ocupa uma área de 106 m², e apresenta um quadro de pessoal composto por 31 trabalhadores efetivos.

A SOCIAVE, SARL herdou, em 1994 uma estrutura financeira desequilibrada e um mercado pouco normalizado. Contudo, e resultado de um esforço de gestão focalizada em resultados, hoje a empresa assume a liderança no mercado nacional, no domínio avícola, fornecendo produtos de qualidade a quase totalidade do mercado Nacional. A estrutura económica e financeira é sólida contando, a 31 de dezembro de 2009 com um ativo líquido de 10.006.651,00 e um capital próprio de 62.633.769,00.

3.1.1-Objetivo

De acordo com os estatutos, publicado no BO IS N°42,4º Suplemento de 29 de dezembro de 1994 a sociedade tem por objeto social a produção e comercialização de produtos avícolas...

3.1.2-Missão e Valores

A SOCIAVE, SARL têm como missão abastecer o mercado nacional através da produção e qualidade dos seus produtos.

A sociedade defende valores relacionados:

3.1.3-Produtos

- Ovos
- Frangos vivos
- Frangos abatidos (inteiro, em peças, bife frango, asas, pernas, moelas, peito, carcaças, coxas e entrecostos).
- Galinha de reforma

3.1.4-Mercado

A empresa fornece os seus produtos a todo o mercado nacional num ambiente de quase monopólio no domínio da produção nacional de ovos e frangos. Tem na importação o seu principal concorrente no domínio da comercialização de frangos.

3.1.5-Principais gastos

Tabela 13:Principais Gastos

TIPOS GASTOS	GASTOS	
	DIRECTOS	INDIRECTOS
Matérias - Primas	X	
Milho	X	
Soja	X	
Farinha de peixe	X	
Vitaminas	X	
Electricidade	X	X
Água	X	X
Sêmea	X	
Outros gastos	X	X
Gastos administrativos		X
Gastos financeiros		X
Gastos comerciais		X
Gastos com amortização dos equipamentos		X
Mão-de-obra indirecta		X
Mão-de-obra directa	X	

Fonte: Sociave,Sarl

3.1.6-Mercado que fornecem as matérias-primas e produtos

Mercado de Portugal onde se obtém:

- Pintos (AVILIS – Compostos Lis, Lda.)
- Vitaminas (DIN- Desenvolvimento e Inovação Nutricional, SA)
- Soja (AVILIS – Compostos Lis Lda, DIN- Desenvolvimento e Inovação Nutricional, Sa
- Embalagens (DIN- Desenvolvimento e Inovação Nutricional, SA)

Mercado do Brasil onde se obtém:

- Sojas (AI, Lda - Arquipélago Internacional, Lda)

Mercado nacional onde se obtém:

- Milho (MOAVE - Moagem de Cabo Verde, SA)

- Farinha de peixe (FRESCOMAR SA)
- Sêmea (CIC- Companhia de Investimentos de Cereais, Lda, CORRIN- Comércio Geral, SA)

3.2-Localização

Localizada na zona da Ribeira de Julião, ilha de São Vicente, ocupa uma área de 106 m², e apresenta um quadro de pessoal composto por 31 trabalhadores efetivos.

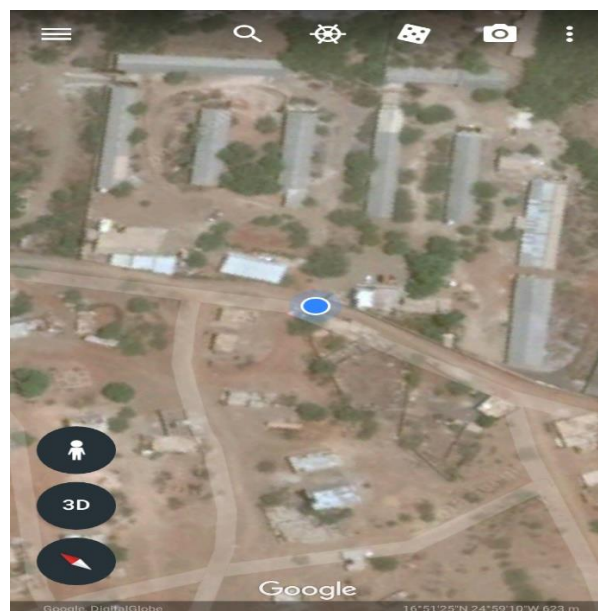
Na ilustração abaixo a ilha de São Vicente, com marcação da zona em questão.

Ilustração 8: Imagem da Ilha de São Vicente



Fonte: Google Map, 2018

Ilustração 9: Imagem de Satélite da zona de Ribeira de Julão



Fonte: Google Earth

Ilustração 10: Imagem da Entrada Principal da Sociave



Fonte: Própria

3.3- Dimensionamento

3.3.1-Quantidade de dejetos produzidos diariamente (QDPD)

De acordo com a Sociave, Sarl a população aviária é de 81385 cabeças de aves assim pode-se determinar a QDPD.

Pela tabela 3: 1 Galinha produz diariamente 0.18 kg de dejetos e pretende-se saber quantos kg de dejetos produzirá 81385 galinhas.

$$QDPD = \frac{81385 * 0.18 kg/dia}{1} \quad (1)$$

$$QDPD = 14649 \text{ kg/dia}$$

Logo 81385 galinhas produzem 14649 kg/dia de dejetos.

3.3.2- Dimensionamento do Biodigestor

3.3.2.1-Cálculo do Volume de Carga

Para dimensionar o biodigestor e quantidade de biogás a utilizar precisa-se saber a quantidade em metros cúbicos, ou seja, volume de carga.

Matematicamente e seguindo o sistema internacional 1 quilograma corresponde a 0.001 metros cúbicos. Pretende-se saber quantos metros cúbicos pode resultar de 14649 kg de dejetos de frango.

$$Vc = \frac{14649 \cdot 0.001 m^3}{1} (2)$$

$$Vc = 14,65 m^3$$

3.3.2.1-Cálculo do Volume do biodigestor

Segundo LUCAS JR. et al. (1993) o TRH das galinhas é de 60 dias e relacionando com volume de carga obtido pode-se calcular o volume do biodigestor.

$$Vb = Vc * TRH(3)$$

$$Vb = 14,65 m^3 * 60 \text{ dias}$$

$$Vb = 879 m^3$$

O resultado representa um biodigestor com um volume consideravelmente grande o que pode ser dividido em vários biodigestores de menor volume.

3.3.2.2- Quantidade de Biogás (QB)

O cálculo da quantidade de biogás que pudesse obter dos dejetos segue das conversões da Tabela 7, em que COSTA, R (2011) cita que 1 kg de QDPD corresponde a 0.43 m³ de biogás. Pretende saber o volume de biogás que pudesse obter de 14649 kg de dejetos.

$$QB = \frac{14649 \cdot 0.43 m^3}{1} (4)$$

$$QB = 6299 m^3 / \text{dia}$$

3.3.2.3-Conversão Energética de Biogás

Assim para o projeto a conversão energética, especificamente conversão de biogás em eletricidade, na tabela 9 encontra-se que 1KWh corresponde a 0.62 m³/h e seguindo essa logica pretende-se encontrar o equivalente energético de 971.67 m³/dia.

$$QB = \frac{971.67}{0.62} (5)$$

$$QB = 1567.20 \text{ kW/24h}$$

Então em uma hora produzirá 65.3 KW de eletricidade

4-Discussão

Dos resultados obtidos pode-se afirmar que a geração elétrica através de dejetos avícolas é bastante credível, dependendo sempre do investimento inicial.

Inicialmente não se utiliza toda a carga volumétrica disponível, pois pela bibliografia pode gerar perto de 1.5 MW de energia elétrica, o que não justifica e o biodigestor necessário pode ocupar muito espaço e torna o projeto economicamente inviável.

Desta forma de acordo com a quantidade que se pode produzir nesse caso 20 % do que consome ou 80 % da energia contratada de acordo com a legislação, dimensiona-se a central de biogás.

De salientar que o objetivo geral do projeto foi verificado, pois a produção de biogás através de dejetos avícolas e a sua conversão energética é uma excelente forma de valorizar

estes dejetos, e que foi possível descrever o processo de produção de biogás, como também estimar a quantidade de dejetos da referida empresa.

Porém nem todos os resultados foram positivos visto que o dimensionamento real do biodigestor não se consumou, pois seria necessária uma pequena central de biogás.

5-Constrangimentos

Ao longo deste trabalho um dos muitos constrangimentos que se encontra é a fraca disponibilidade de bibliografia disponível em termos de biogás e conversão energética dos dejetos, principalmente os dejetos avícolas por ser uma técnica nova de processamento dos resíduos.

A legislação de Cabo Verde não é transparente em termos de regulamentação, produção e comercialização energia produzida através da biomassa.

Os riscos que o projeto encara passa muito pelo sector agropecuário que é muito sensível às flutuações de mercado, prejudicando todo o processo de rentabilização do aproveitamento energético do biogás.

A impossibilidade de realizar um proforma real do volume do biodigestor encontrado pelos cálculos, que o investimento inicial seria avultoso impossibilitando assim a realização do projeto.

6- Solução Proposta

6.1-Escolha do novo biodigestor

De acordo com a Tabela 10 escolheu-se o biodigestor do tipo Canadano com um volume de 100 m³ para iniciar o projeto escolheu utilizar dois dos biodigestores já mencionado, representando 25 % da produção total. A técnica de purificação escolhida é a dessulfurização e a secagem do biogás e para conversão energética o motor gerador a gás (*Deutz TBG*) que são fabricados por *Jenbacher, Deutz*.

6.2-Quantidade de dejetos produzidos diariamente (QDPD)

Representando 25% logo vai se utilizar 20347 galinhas o que representa um QDPD de 3663 kg/dia de dejetos.

$$QDPD = \frac{20347 * 0.18 \text{ kg/dia}}{1} \quad (6)$$

$$QDPD = 3663 \text{ kg/dia}$$

6.3-Escolha do Biodigestor

6.3.1-Cálculo do Volume de Carga

Matematicamente e seguindo o sistema internacional 1 quilograma corresponde a 0.001 metros cúbicos. Pretende-se saber quantos metros cúbicos pode resultar de 3663kg de dejetos de frango.

$$V_c = \frac{3663 * 0.001 \text{ m}^3}{1} \quad (7)$$

$$V_c = 3.7 \text{ m}^3$$

6.3.2- Quantidade de Biogás (QB)

O cálculo da quantidade de biogás que pode-se obter dos dejetos segue das conversões da Tabela 7, em que COSTA, R (2011) cita que 1 kg de QDPD corresponde a 0.43 m³ de biogás. Pretende saber o volume de biogás que se pode obter de 3663 kg de dejetos.

$$QB = \frac{3663 \cdot 0.43 \text{ m}^3}{1} \quad (8)$$

$$QB = 1575 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6.3.3- Conversão Energética de Biogás

Assim para o projeto a conversão energética, especificamente conversão de biogás em eletricidade, na tabela 9 encontra-se que 1KWh corresponde a 0.62 m³/h e seguindo essa logica pretende-se encontrar o equivalente energético de 3.7 m³/dia.

$$QB = \frac{3.7}{0.62} \quad (5)$$

$$QB = 6 \text{ kW}/24\text{h}$$

Então em uma hora produzirá 0.25 KW de eletricidade

6.3.4- Preço do biodigestor

Segundo a Tabela 10 o custo de construção e implementação do biodigestor Canadiano com volume de 100 m³ é de 185103,7 ECV, logo como são dois 370207,4 ECV.

6.3.5- Investimentos e Viabilidade Económica

Segundo o SR.Vlademiro Gomes da Sociave o consumo energético médio mensal da empresa é a volta dos 400 mil escudos.

Segundo a Agência de Regulação Económica 1 kW ronda os 37 escudos E se anualmente a solução proposta render 2160 kW, resulta de 77 760 escudos.

Com a poupança anual de 77760 escudos o projeto seria liquidado em 5 anos sem considerar investimentos estrangeiros, parcerias.

6.3.6-Viabilidade social

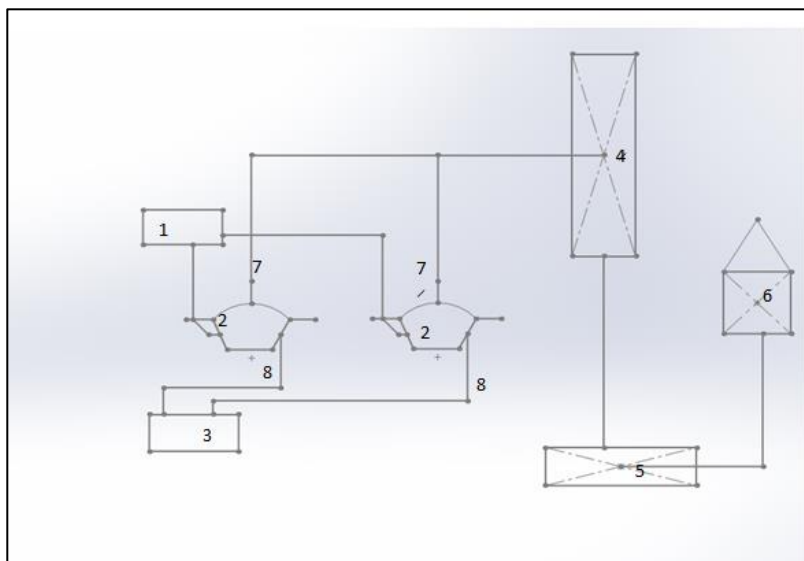
A empresa adquire um estatuto de empresa amiga do ambiente, a sociedade melhora a sua qualidade de vida, e poderão ser gerados 1 ou 2 empregos permanentes.

A zona de Ribeira de Julião pode vir a ganhar novo estatuto com a eliminação ou redução do mau cheiro e insetos valorizando assim a zona e os que ali habitam, consequentemente melhores condições de trabalho.

6.4- Proposta do esquema da central

Recorrendo as ferramentas do desenho técnico, escolheu-se o *Solidworks* para desenhar o esquema básico da central, assim a sua representação e descrição é feita abaixo.

Figura 14:Esquema da central



Fonte: Elaboração Própria

Legenda do esquema da central.

- 1- Tanque de carga
- 2- biodigestores
- 3- tanque de descarga
- 4-centro de tratamento e purificação do biogás
- 5-centro de cogeração
- 6- Rede pública
- 7-saida de biogás
- 8-saida de afluentes (Biofertilizante)

7-Conclusão

O projeto teve a finalidade de básica mostrar uma forma ambientalmente mais correta de processamento de resíduos e a sua valorização pela vertente de produção de energia, o biogás, que pode se destina a produção de energia elétrica e produção de biofertilizante.

Esta forma de processar os dejetos, digestão anaeróbica, mostra ser bastante rentável e ambientalmente viável, no que se obtém um gás com propriedades redutoras de GEE e biofertilizante melhor do que os sintéticos e em quantidades consideravelmente altos o que vem mostrar a viabilidade do projeto, onde pode dizer que os objetivos todos foram cumpridos, apesar das dificuldades que se encontrou ao longo do projeto.

De salientar que o projeto é de carácter demonstrativo e com intuito de fazer conhecer a valorização que se pode encontrar nos dejetos.

Mostrou-se claro o que já havia ponderado que a falta de estudos e projetos em termos de biomassa culmina muito numa geração primária de energia, a queima direta de biomassa florestal (lenha), que não é a técnica mais correta de conversão de energia da biomassa. Muito deve também a falta de conhecimento em termos de biomassa e a sua legislação.

Em forma de conclusão vou de encontro com FREIRE, F (2003) que cita: a revelação da eficácia das tecnologias de digestão anaeróbica e de aproveitamento de biogás no tratamento e valorização de resíduos e a contenção do efeito estufa, com baixos custos de operação, o que evita custos ambientais correspondentes às fontes convencionais. Permitindo a valorização energética dos resíduos orgânicos e dos nutrientes nela contida, assimilável pelas plantas, é um processo que se enquadra no crescimento sustentado. É de todo importante apoiar esta tecnologia para além do elevado contributo na arca do ambiente poderá no sector da energia, uma importante fatia, em termos de balanço energético.

8-Trabalhos Futuros

A legislação é um fator chave para fomentar a digestão anaeróbica e a utilização energética do biogás produzido bem como a valorização dos subprodutos gerados.

A criação de incentivos ao processamento e utilização dos sólidos tratados como fertilizantes de origem orgânica (não sintéticos).

São também necessárias ações de sensibilização dos autarcas sobre as vantagens da cogeração e a promulgação de legislação que impeça o lançamento para a atmosfera do metano originado dotadas de digestores anaeróbios.

Aconselha-se que para uma central de cogeração que se fizesse parceria com outros centros avícolas e aumenta-se a capacidade de produção, no que o projeto ganha uma escala maior e com maior número de parceiros e torna economicamente mais viável.

Da mesma forma o projeto tem mais uma fase que é de produção de biometano e que futuramente pode ter uma rede canalizada de gás, juntamente com o biometano.

9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C. *et alli.* (2004) - *Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica*-Rev. do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1897-1902.

ARRUDA *et alli.* (2002) - *Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa*.- Rev. Científica Eletrônica de Agronomia.

AVISITE (2016) - *Tendências da produção mundial de carne de frango em 2018*, Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=18362>>

BAYKOV, B; STOYANOV, M.; GUGOVA, M. (1995) - *Methane fermentation of dung from litterfreereared domestic animals* – an optimisation study. Resources, Conservation and Recycling, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 251-256, jun..

CALZA, L *et alli* (2015) - *Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás*. Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.35, n.6, p.990-997, nov./dez.

CAMARERO, L.; DIAZ, J. M.; ROMERO, F.(1996) - *Final treatments for anaerobically digested piggery slurry effluents*. Biomass and Bioenergy, Oxford, v. 11, n. 6, p. 483-489, jul.

CORRÊA. A (2003) - *“A influência da folga de válvulas na geração de ruído e vibração no motor FIRE 999cc 8V”*, Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, Setembro.

Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEMC0748.pdf>.

COSTA.C *et alli* (2012) – ***Relatório de Elaboração Documento Estratégico de Crescimento e Redução da Pobreza (DECRP-III/2012 – 2016)*** -Ministério do Desenvolvimento Rural – Grupo de Trabalho Sector da Agricultura,

DA COSTA, R (2011) - ***Produção e aplicação de biogás***, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Abril

DA SILVA. J (2018) - ***Avaliação técnica e econômica de um biodigestor de fluxo tubular***: Estudo de caso do modelo implantado na etec “orlando quagliato” em santa cruz do rio pardo, sp.

DE NARDI, G (2003) - ***Produção de biogás***, Revista Engenharia Agrícola, Agosto

DOS SANTOS, L (2003) - ***Produção de biogás apartir de dejetos de origem animal***, Revista Engenharia Agrícola, Agosto

FERNANDO J. T. E.*et alli*, ***“Impacto energético e ambiental associado à aplicação das células de combustível nos veículos eléctricos”***, II Jornadas de Engenharia Electrotécnica, Coimbra.

FIGUEIREDO.N (2007) - ***“Utilização do biogás de aterros sanitários para geração de energia eléctrica e iluminação a gás – estudo de caso”***, São Paulo,

FORESTI, E. *et al.* (1999) -***Fundamentos do tratamento anaeróbio***. In: CAMPOS, J. R. (Coord.).Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, p. 29-52.

FREIRE,F (2003) - ***Biogás***, paper, Gestão de Energia,

FULHAGE, C. D.(1997)- *Manure management considerations for expanding dairy herds*.

Journal Dairy Science, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1872-1879,

FULHAGE, C.; SIEVERS, D.; FISCHER, J. (1993)-*Generating methane gas from manure*, Fact sheet G1881. Columbia: University of Missouri Extension, 1993.

GARBA, B. (1996) - *Effect of temperature and retention period on biogás production from lignocellulosic material*. Renewable Energy, Oxford, v. 9, n. 1-4, p. 938-941, sep/dec.

.

INE (2016) - *Anuario Estatístico de Cabo Verde, ano 2016*, disponível em: <http://www.ine.cv>

KOSARIC, N.; VELIKONJA, J. (1995) - *Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities*. FEMS Microbiology Reviews, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 111-142, feb.

LASTELLA, G. *et al.* (2002) -*Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification*. Energy Conversion and Management, Oxford, v. 43, n. 1, p. 63-75,

LUCAS JR., J. (1987) -*Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chines*. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu,

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. (2000) - *Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás*. In: SIMPÓSIO RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA,

Concórdia. **Anais...** Concórdia: CNPSA, p. 27-43.

LUSK, P. (1998) -*Methane recovery from animal manures the current opportunities casebook*. Publication: NREL/SR-580-25145. Washington: Resource Development Associates, p. 2-11.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA CRESCIMENTO E COMPETITIVIDADE- Agenda de Transformação de Cabo Verde- Política Energética de Cabo Verde

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2010) – Resumo Executivo: *Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável*. São Paulo: Arcadis Tetraplan,

MONTEIRO.C- “*Microturbinas*” - FEUP, Porto. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~fmb/PTE2/Apontamentos%20PTE2/PTE2_Microturbinas.pdf.

OLIVEIRA, D (2015) - *Valorização de resíduos provenientes da atividade no setor avícola: aplicação do processo de compostagem*,

PATERSON, M *et alli* (2010) - *Guia Prático do Biogás- Geração e Utilização*. Probiogás. 5ª Edição.

PECORA.V, (2006). -*“Implementação de uma unidade demonstrativa de geração de energia eléctrica a partir do biogás de tratamento de esgoto residencial da USP”*, Dissertação de Mestrado, São Paulo, Brasil,

RUIZ, R. L. *et al.*(1992) - *Microbiologia do rúmem e do biodigestor*. In: RUIZ, R. L- Microbiologia zootecnica. São Paulo: Roca, p. 124-167.

SCHWART, R.; *et al.* (2005) - ***Methane Generation***. Final Report to The State Energy Conservation Office. Under CAFO Methane Digester Project Contract CM433. With the Texas Agricultural Experiment Station. June 30

SHARMA, V. K. *et al.*(2000) - ***Inclined-plug-flow type reactor for anaerobic digestion of semisolidwaste***. Applied Energy, London, v. 65, n. 2, p. 173-185, apr.

SINGH, S.(1996)- ***Effect of cupric nitrate on acceleration of biogas production***. Energy Conversion and Management, Oxford, v. 37, n. 4, p. 417-419, apr..

STERLING JR., M. C. *et al.*(2001) - ***Effects of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure***. Bioresource Technology, Essex, v.77, n. 1, p. 9-18, mar..

VERAS.C (2009)- ***“Combustão em Turbinas a Gás”***, Laboratório de Energia e Ambiente Departamento de Engenharia Mecânica – UNB, São Paulo, Brasil,.

YADVIKA, S. *et al.* (2004) - ***Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques*** – a review. Bioresource Technology, Essex, v. 95, n. 1, p. 1-10, oct.

YOKOYAMA,S (2008) - ***The Asian Biomass handbook***., editado em January

10-ANEXOS

Anexo 1: Medidas de Segurança

Atenção: Risco de Explosão

O biodigestor só apresenta risco de explosão quando o biogás está misturado com oxigênio no seu interior. Esta situação acontece no início da operação. Por isso, é de fundamental importância que a produção inicial de biogás seja liberada, e não queimada.



Prossiga da seguinte forma: mantenha o registro de saída do biogás fechado durante a operação inicial. Uma vez que a manta esteja inflada, abra o registro de gás e libere todo o conteúdo (que é uma mistura de biogás e ar), fechando o registro em seguida. Mantenha o registro fechado até que o biodigestor infle novamente. A partir desse momento, o biogás poderá ser usado em segurança, e desde que o biodigestor continue em operação, não entrará mais ar no seu interior.

Observação: Como o biogás está sob pressão, mesmo que haja pequenos vazamentos na manta, o ar não entrará no biodigestor. De qualquer forma, é importante ficar atento a vazamentos e consertá-los assim que detectados.

Propriedades dos gases que compõem o biogás e seu efeito fisiológico

GÁS	PESO	TAXA EXPLOSIVA		ODOR	COR	EFEITOS
	ESPECÍFICO	min. %	máx. %			FISIOLÓGICOS
Amônia (NH ₃)	0,6	16	-	Picante Constante	nenhuma	IRRITANTE – Irritação dos Olhos e garganta
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1,5	-	-	nenhum	nenhuma	ASFIXIANTE – Causa sonolência, dor de cabeça
Gás sulfídrico (H ₂ S)	1,2	4	16	Ovo podre	Nenhuma	TÓXICO – irritação dos olhos e nariz, dor de cabeça, vertigem, náuseas, excitação, inconsciência
Metano (CH ₄)	0,5	6	15	Nenhum	Nenhuma	ASFIXIANTE – Dor de cabeça, não tóxico

	<p>Cuidado com os ratos. Tubos plásticos do tipo mangueira, em forros e porões, favorecem a presença de roedores.</p>
	<p>Cuidados com acidentes e explosões. Evite que o gás se misture com o ar dentro da campânula e na linha de condução de gás.</p>
	<p>Lembre-se das crianças e dos animais. Mantenha o biodigestor e o depósito de biofertilizantes isolados. Uma boa cerca e uma boa limpeza em volta evitam muitos incômodos.</p>
	<p>Uma vez por mês, verifique o estado geral das instalações de biogás em inspeção visual. Observe especialmente as juntas e emendas para verificar se está ocorrendo algum vazamento, pincelando com água e sabão. Não improvise: use braçadeiras e conexões adequadas. Instale corretamente os drenos da água.</p>

	<p>Providencie ventilação adequada em torno da linha de gás dentro da casa. No entanto, os aparelhos queimadores devem ser localizados protegidos de corrente de ar.</p>
	<p>Não fume e não acenda fósforos perto do biodigestor.</p>

Medidas de primeiros socorros

Inalação:	<p>Remover a vítima para local arejado. Se a vítima não estiver respirando, aplicar respiração artificial. Se a vítima estiver respirando, mas com dificuldade, administrar oxigênio a uma vazão de 10 a 15 litros / minuto. Procurar assistência médica imediatamente.</p>
Contato com a pele:	<p>Em baixa pressão – sem efeito Em alta pressão – Queimaduras, ferimentos graves, abrasivo. Roupas congeladas na pele devem ser descongeladas antes de ser removidas Em caso de contato com o gás liquefeito descongele a parte atingida com água morna Em caso de queimaduras esfrie imediatamente a pele atingida com água fria, pelo tempo que for necessário. Não remova a roupa que estiver aderida à pele. Mantenha a vítima em repouso e aquecida.</p>
Contato com os olhos:	<p>Em baixa pressão – irritações Em alta pressão – lesão grave, podendo ser irreversível</p>
Ingestão:	<p>Não se aplica (produto gasoso).</p>
Notas para o médico:	<p>Asfixiante simples.</p>

Medidas de combate a incêndio

Meios de extinção apropriados:	Cortar o fornecimento
Perigos específicos:	Manter-se longe dos tanques
Métodos especiais:	Extinguir com o bloqueio do fluxo de gás. Remover os recipientes da área de fogo, se isto puder ser feito sem risco. Resfriar com neblina d'água, áreas adjacentes e/ou os recipientes que estiverem expostos ao fogo, utilizando dispositivo manejado à distância, mesmo após a extinção do fogo. Em caso de fogo intenso, usar mangueiras com suporte manejadas à distância ou canhão monitor. Se isso não for possível, abandonar a área e deixar queimar.
Agentes extintores:	Neblina d'água, pó químico e dióxido de carbono (CO ₂).
Proteção dos bombeiros:	Em ambientes fechados, usar equipamento de resgate com suprimento de ar

Anexo 2: Medidas de Operacionalidade

Medidas de controlo para derramamento ou vazamento

Precauções pessoais - Remoção de fontes de ignição:	Eliminar todas as fontes de ignição, impedir centelhas, faúlhas, chamas e não fumar na área de risco. Isolar o escapamento de todas as fontes de ignição.
Controle de poeira:	Não se aplica (produto gasoso).
Prevenção da inalação e contato com a pele, mucosas e olhos:	Usar luvas vaqueta, óculos de segurança herméticos para produtos químicos e proteção respiratória adequada
Precauções ao meio ambiente	Estancar o vazamento se isto puder ser feito sem risco. Em locais não confinados, é fácil a dispersão em caso de escapamento
Métodos para limpeza - Recuperação:	Não se aplica (produto gasoso).
Nota:	Contactar o órgão ambiental local, no caso de vazamentos.

Manuseio e armazenamento

MANUSEIO Medidas técnicas:	Providenciar ventilação local exaustora onde os processos assim o exigirem. Todos os elementos condutores do sistema em contato com o produto devem ser aterrados eletricamente. Usar ferramentas anti-faiscantes e equipamentos intrinsecamente seguro.
Prevenção da exposição contato do trabalhador	Utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) para evitar o contato com o produto
Orientações para manuseio seguro	Manipular respeitando as regras gerais de segurança e higiene industrial.
ARMAZENAMENTO Medidas técnicas:	Não se aplica.
Produtos e materiais incompatíveis	Cloro, dióxido de cloro e oxigênio líquido.

Regulamentações

Etiquetagem Classificação conforme NFPA	Incêndio: 4 Saúde: 1 Reatividade: 0
Regulamentação conforme CEE:	Outros: Nada consta. Rotulagem obrigatória (auto classificação) para preparações perigosas: aplicável (CEE 200-812-7).
Classificações / símbolos:	ALTAMENTE INFLAMÁVEL (F+).
Frases de risco:	R12 Altamente inflamável
Frases de segurança:	S02 Manter longe do alcance de crianças. S09 Manter recipiente em lugar bem arejado. S16 Manter longe de fontes de ignição - proibido fumar ! S33 Tomar providências contra carga eletrostática.

Anexo 3: Descrição das Normas Internacionais

As normas para instalação do sistema produtivo de biogás utilizadas como referência são europeias, preferencialmente alemãs, devido à grande experiência alemã sobre o aproveitamento do biogás. As normas alemãs do Instituto Alemão de Normalização (*Deutsches Institut für Normung – DIN*).

Descrição das Normas Internacionais, Recomendadas e Regulamentadoras no processo de geração de energia elétrica a partir do sistema de produção de biogás

Descrição	Normas Internacionais (alemãs)¹	Normas ABNT (NBR)²	Normas Regulamentadoras (NR)²
Rede de distribuição – energia elétrica	DIN 0100 - Parte 705 Construção de instalações de baixa tensão	NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão	NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

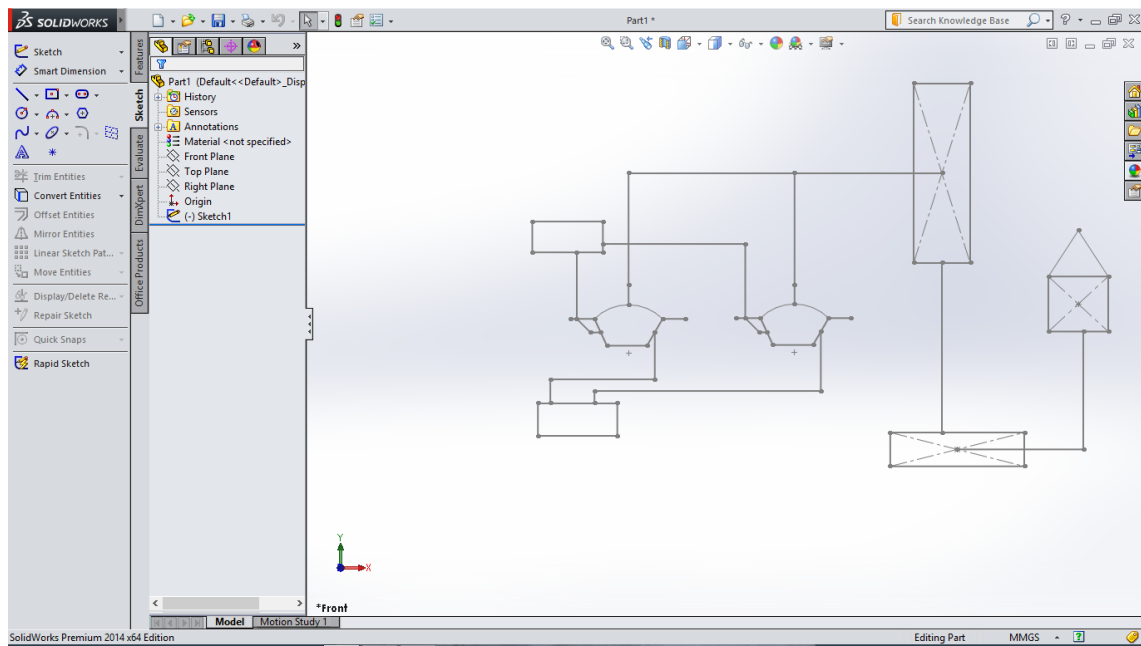
Descrição das Normas Regulamentadoras, Resolução e Código de segurança contra incêndio e pânico referentes ao sistema produtivo de biogás

Descrição	Normas Regulamentadoras (NR ³), Resolução e Código de segurança contra incêndio e pânico
Aspectos construtivos	NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.9 Estruturas de Concreto
	NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.8 Armações de Aço 18.10 Estruturas Metálicas
	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis
Emissões	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. NR 15 – Atividades e operações insalubres – Anexo n.º 11- Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho
Instalações de gás	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis NR 23 - Proteção Contra Incêndios COSCIP RJ - 1975
Proteção contra raios	NR 16 – Atividades perigosas – Energia elétrica. NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.
Rede de distribuição – energia elétrica	NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.
Segurança contra explosões	NPT 008 - Resistência ao fogo dos elementos de Construção (Corpo de Bombeiros/ Paraná)
	NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade
	NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.26 Proteção Contra Incêndio NR 23 - Proteção Contra Incêndios Resolução ANTT N° 420/2004 COSCIP RJ - 1975
Tubulações	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis 20.8 Manutenção e Inspeção das Instalações

Descrição das Normas Internacionais – alemãs, referentes ao sistema produtivo de biogás

Descrição	Normas ABNT (NBR) ²
Aspectos construtivos	NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto
	NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
	NBR 15461 - Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - Construção e Instalação de Tanque Aéreo de Aço-Carbono
	NBR 12712 - Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível
Emissões	NBR ISO 14064-1:2007 - Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa NBR ISO 14064-2:2007 - Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa NBR ISO 14064-3:2007 - Especificação e orientação para a validação e verificação de declarações relativas a gases de efeito estufa
Instalações de gás	Não identificada
Proteção contra raios	NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
Rede de distribuição – energia elétrica	NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão
Segurança contra explosões	NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.
	NBR 5418 - Instalações elétricas em atmosferas explosivas.
	NBR 5363 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Tipo de proteção "d" - Especificação
	NBR 12313 – “Sistema de combustão – Controle e Segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura”.
Tubulações	NBR 15526 - Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução.
	NBR 14462 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos.
	NBR 14722 - Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - Tubulação Não Metálica Subterrânea – Polietileno.

Anexo 4: Planta da Central



Anexo 5: Dados Técnicos da Unidade de Filtragem do Biogás

IMPIANTI INDUSTRIALI **INDUSTRIAL EQUIPMENT**

DEPURAZIONE ARIA **AIR TREATMENT**



ecochimica
www.ecochimica.com

**FILTRI PER
SEPARAZIONE
DEL PARTICOLATO
DAL BIOGAS**

**FILTERS TO
SEPARATE SOLID
PARTICLES
FROM BIOGAS**

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:
Filtri per la separazione del particolato gassoso e fine dal biogas.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO:
I filtri a grossa e a cariche cariche ecochimica® sono utilizzati per la depurazione del biogas. Il filtro a grossa permette la separazione delle particelle grossolane dal biogas mentre il filtro a cariche cariche permette la separazione delle particelle più fini.

Nel filtro a grossa ecochimica® il biogas attraversa uno strato filtrante che separa le particelle e le condensa il condensa condensando all'interno del biogas stesso.

Il filtro a grossa ecochimica® è interamente realizzato in acciaio inox.

Il filtro a cariche cariche ecochimica® è dotato di cariche costituito da una speciale resina porosa, che trattiene il particolato fine presente nel biogas.

L'espulsione filtrante utilizzata, ha un altissimo rendimento di filtrazione in circolazione ad una bassa perdita di carico ed è facilmente lavabile. Il filtro a cariche cariche ecochimica® è interamente realizzato in acciaio inox.

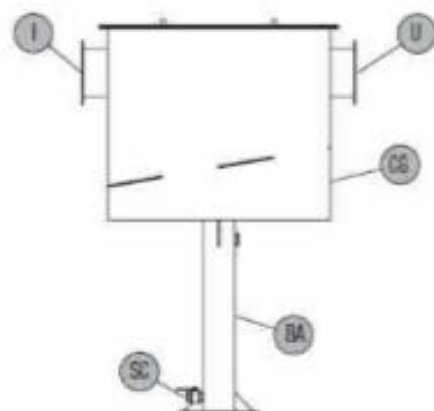


FG® e FCC®



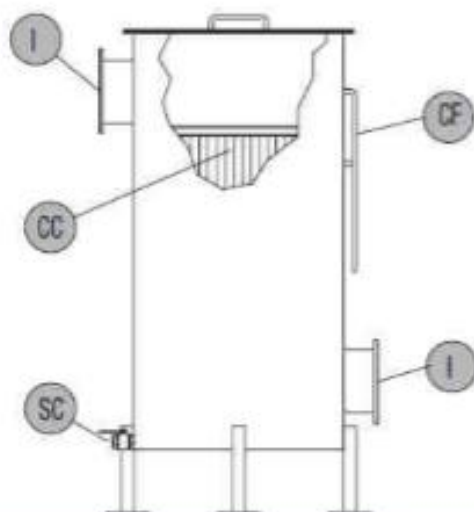


FILTRI PER PARTICOLATO ECOCHIMICA FG[®] e FCC[®]



LEGENDA FG[®] • LEGENDA FCC[®]

I	INGRESSO GAS GAS INLET
U	USCITA GAS GAS OUTLET
CS	CONTENITORE SPUMA SPUM CONTAINER
BA	BOCCHIONE/SCARICATORE CONDENSATO DISCHARGE/CONDENSATE TAP
SC	SCARICO ACQUA DI CONDENSATO CONDENSATE WATER DRAIN



LEGENDA FCC[®] • LEGENDA FCC[®]

CF	COMPLETAMENTO PARTICOLATO FINE FINE PARTICULATE FILLING - ADDITION
I	INGRESSO GAS GAS INLET
CC	CAMBIO FILTRI FILTER CHANGING
SC	SCARICO ACQUA DI CONDENSATO CONDENSATE WATER DRAIN

NOTE DIMENSIONALI PER FG[®] e FCC[®] • DIMENSIONS for FG[®] and FCC[®] series

Ecochimica si riserva il diritto di apportare modifiche alle dimensioni e alle forme degli impianti senza preavviso.
Ecochimica reserves the right to make changes to the dimensions and forms of the plants without notice.

Il costante aggiornamento tecnico degli impianti ad quale Ecochimica è impegnata, porta ad un continuo miglioramento che rende i dati tecnici riportati nel presente catalogo non vincolanti.

Ecochimica is constantly updated in the technical improvement of its plants, that makes non binding the technical data in this catalogue.

ECOCHIMICA
Via Zamboni, 23 - 36051 Colognara (Vicenza) Italy • Tel.: +39 0444371402 r.a. - Fax: +39 0444371406
e-mail: ecochem@ecochimica.com • www.ecochimica.com

Anexo6: Dados Técnicos da Unidade de Dessulfurização Biológica

IMPIANTI INDUSTRIALI INDUSTRIAL EQUIPMENT
DEPURAZIONE ARIA AIR TREATMENT



www.ecochimica.com

DESOLFORATORI BIOLOGICI PER BIOGAS

BIOLOGICAL DESULPHURIZATION TOWERS FOR BIOGAS



BIO-DESOLF®

TIPOLOGIA DI IMPIANTO:
Torre soffio verticale

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO:
Nei impianti di produzione biogas per fermentazione anaerobica di rifiuti, il mezzo prodotto contiene anche quantità rilevanti di idrogeno solforato altamente corrosivo per l'impianto di produzione energia. I nostri impianti BIO-DESOLF® permettono di ridurre il contenuto di idrogeno solforato mediante un trattamento biologico senza consumo di reattivi chimici.

Una corretta gestione del BIO-DESOLF® prevede il controllo dei seguenti parametri operativi: temperatura, pH, quantità di ossigeno e apporto di nutrienti. L'efficienza del BIO-DESOLF® in condizioni operative ottimali di funzionamento è superiore al 90%. In impianti in cui si verificano importanti variazioni della portata del biogas o della concentrazione dell'H₂S, consigliamo l'installazione a valle del BIO-DESOLF® di un desolfatore chimico (DESOLF-VTP®) per garantire un'efficienza efficace di rimozione dell'H₂S anche con importanti fluttuazioni nella portata di biogas o nella concentrazione di H₂S nel gas da trattare.

TYPE OF EQUIPMENT:
Vertical blower tower

OPERATING PRINCIPLE:
In anaerobic fermentation of waste for biogas production, the methane produced contains high levels of hydrogen sulphide which is highly corrosive for the power production unit. Our BIO-DESOLF® plants reduce the hydrogen sulphide content through a biological treatment, without chemical reagents consumption.

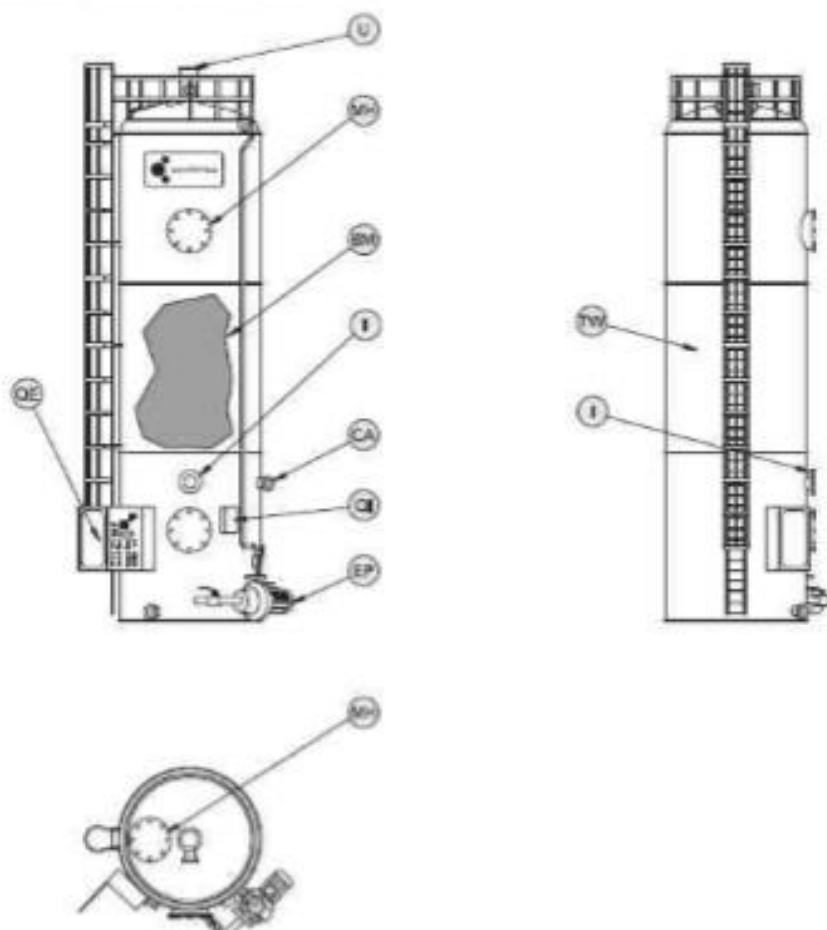
A correct BIO-DESOLF® management has to control the following operative parameters: temperature, pH, oxygen quantity and nutritional substances. BIO-DESOLF® efficiency in optimal working conditions is more than 90%. In plants where could happen important changes in biogas flow or in H₂S concentration, we advise the installation of a chemical desulphurization plant (DESOLF-VTP®) after BIO-DESOLF®, to guarantee a very high efficiency in H₂S removal even with large changes in biogas flow or H₂S concentration in the gas to be treated.





DESOLFORATORI ECOCHIMICA
BIO-DESOLF®
 ECOCHIMICA'S DESULPHURIZATION

DESOLFORATORI BIOLOGICI PER BIOGAS
 BIOLOGICAL DESULPHURIZATION TOWERS FOR BIOGAS



LEGENDA per BIO-DESOLF® • LEGEND for BIO-DESOLF®

SM	LETTO INFILTRATO • INFILTRATION BED	QE	QUANTITÀ ELETTRICA • ELECTRICAL POWER
CA	AVVIA COMPRESSA DI CARBONIO • CARBONATION COMPRESSED AIR	CE	INVERSO ELETTRICO • ELECTRICAL POWER
EP	ELETTROPOMPA DI INVERSO • INVERTING ELECTRIC PUMP	TW	TOWER • TOWER
I	INVERSO ANALISI INVERSO • INVERTING	U	INVERSO ANALISI INVERSO • INVERTING
MB	PORTELLO DI INVERSO • INVERTING HOLE		

DIMENSIONI DI INCOMBRO INDICATIVE • DIMENSIONS INDICATIVE

Consistenza del progetto impiantistico di desolfurazione su misura in funzione delle esigenze del cliente.
 Consistency of design desulfurization systems for the unique needs of each customer.

Il costante aggiornamento tecnico degli impianti nel quale Ecochimica è impegnata, porta ad un continuo miglioramento che rende i dati tecnici riportati nel presente catalogo non vincolanti.

Ecochimica is constantly applied in the technical improvement of its plants, that makes non-binding the technical data in this catalogue.

ECOCHIMICA

Via Zambon, 23 - 36051 Cressano (Vicenza) Italy • Tel. +39 0444371402 r.a. - Fax. +39 0444371406
 e-mail: ecochem@ecochimica.com • www.ecochimica.com



THIOPAQ® Bio-Desulfurization Process

Biological H_2S removal from biogas

The removal of hydrogen sulfide (H_2S) from biogas has never been easy. The THIOPAQ® process has been developed to remove H_2S from low pressure biogas streams. In this process, a gas stream containing H_2S contacts an aqueous soda solution containing thiobacillus bacteria in an absorber. The soda absorbs the H_2S and is transferred to an aerated atmospheric tank where the bacteria biologically convert the H_2S to elemental sulfur. This process is ideally suited to environmentally sensitive areas where venting, incineration or rejection of the H_2S are not desirable options. Treated outlet gas can readily meet a less than 100 ppm H_2S specification (typical requirement for biogas) or as low as 5 ppm. The application range is from approximately 100 lbs per day to 20 tons of sulfur per day. The biological sulfur slurry produced may be used for agricultural purposes or purified to a high quality (99%+) sulfur cake.

THIOPAQ Process Advantages

Reliability

- Less equipment versus conventional desulfurization processes
- No plugging or fouling problems due to the hydrophilic nature of the biological sulfur
- The thiobacillus bacteria used in this technology are naturally occurring, robust, self sustaining and self regulating
- Over 36 low pressure systems are reliably operating

Simplicity of Operation:

- Easy to control operating parameters
- Minimal supervision requirements
- Massive buffering capacity, minimizing the impact of upsets
- Wide turndown in gas flow and H_2S inlet concentration

Low Operating Costs

- Much lower chemical make-up versus alternative aqueous technologies
- Less equipment to maintain and operate versus conventional amine/ Claus technology

Simplicity of Design

- Operates at low inlet pressures
- Integrates gas purification with sulfur recovery in one process
- No carbon or particulate filtration required
- Process regeneration does not require heat

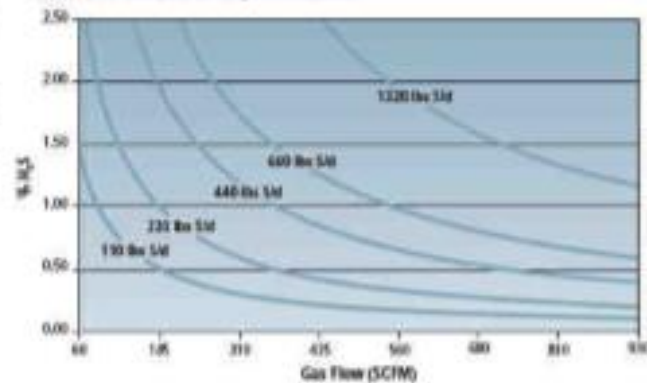


Thiobacillus bacteria and sulfur nodules (nodule indicated by arrow)

Intrinsic Safety

- At no point within the process is H_2S concentrated
- H_2S is physically bound to the gas scrubbing solution

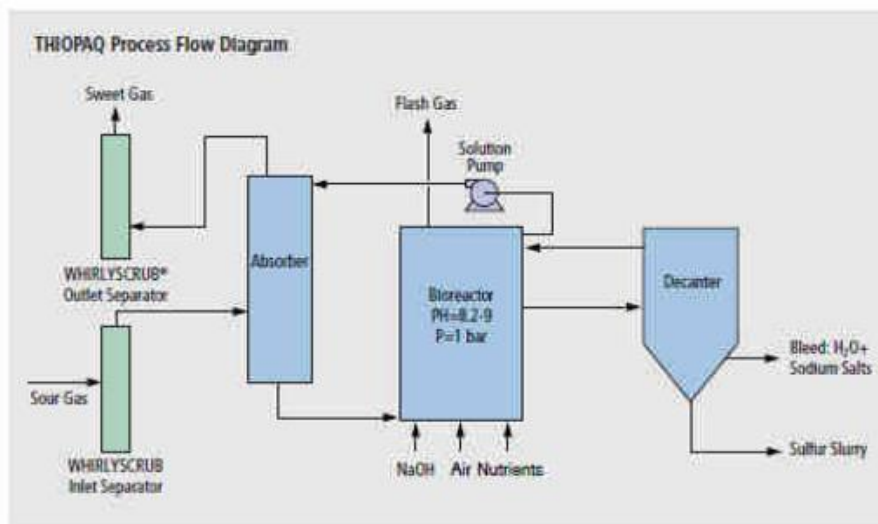
Sulfur Load Recovered for % H_2S and Gas Flow



Notes:

- (1) Developed by Repco, Inc., The Netherlands, the THIOPAQ® process is licensed to Cameron through an agreement that gives Cameron the right to sublicense to end users.
- (2) Environmental Technology Verification report can be provided on request, but such verification does not imply warranties as to product performance.

Date Sheet / TCS014-001



Environmentally Conscious

- Air vent gas contains less than 1ppmv H_2S
- Sulfur slurry/cake can be used as fertilizer

Applications

The THIOPAQ process is applicable for:

- Biogas (direct treat) pressure range from ambient to elevated pressure
- Debottlenecking existing sulfur recovery equipment
- Replacing or converting alternative aqueous processes which are prone to plugging
- Replacement of expensive caustic scrubbers or Triazine processes. Capital and operating cost estimates can be quickly provided.

Process parameters pressure, temperature, flowrate and composition are needed to generate budget estimates.

Expert Design, Manufacturing, Technical Service and Support

You can count on Cameron for an experienced and professional recommendation. Our process applications engineers will help you decide if the THIOPAQ process is right for you.

LOCATIONS

United States of America
11210 Equity Dr., Suite 100
Houston, TX 77041 USA
TEL +713.849.7500

United Kingdom
Cameron House
61-73 Staines Road West
Sunbury-on-Thames
Middlesex, UK, TW16 7AH
TEL +44.1932.732000

Singapore
2 Gul Circle (Gate 2)
Jurong, Singapore 629560
TEL +65.6861.3355

OTHER LOCATIONS

Abu Dhabi

Australia

Brazil

Calgary

Colombia

France

Japan

Mexico

Saudi Arabia

Russia

www.c-a-m.com